

684.3654

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

IZUMI TSUKAMOTO, ET AL.

Application No.: 09/640,724

Filed: August 18, 2000

For: SUBSTRATE ATTRACTING AND
HOLDING SYSTEM FOR USE IN
EXPOSURE APPARATUS

Examiner: Not Assigned

Group Art Unit: 2812

March 6, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

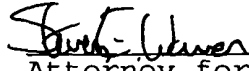
Applicants hereby claim priority under the
International Convention and all rights to which they are
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese
Priority Applications:

JAPAN	11-232125	August 19, 1999
JAPAN	11-233591	August 20, 1999
JAPAN	2000-182463	June 19, 2000

Certified copies of the priority documents are
enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants

Steven E. Warner
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

SEW\cmv

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

CFE 505445 (73)
233591 / 1999
29/640, 724
Izumi Tsukamoto, et al.
8/18/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 8月20日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第233591号

出願人
Applicant(s):

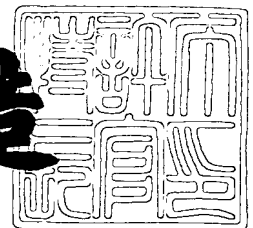
キヤノン株式会社

2000年 9月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造

RECEIVED
MAR 19 2000
TC 1700 MAIL ROOM



出証番号 出証特2000-3072399

【書類名】 特許願

【整理番号】 4045049

【提出日】 平成11年 8月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/68
B23Q 3/08
H01L 21/027
G03F 7/20 521

【発明の名称】 基板吸着保持装置および該基板吸着保持装置を用いた露光装置ならびにデバイスの製造方法

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 野川 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 高林 幸夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 藤田 いたる

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 塚本 泉

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100095991

【弁理士】

【氏名又は名称】 阪本 善朗

【電話番号】 03-5685-6311

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020330

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704673

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板吸着保持装置および該基板吸着保持装置を用いた露光装置
ならびにデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、ディストーション許容値を $d \times d \times y$ とし、基板の縦弾性係数を E 、基板厚さを h 、凸部配列による補正係数を c 、中立面補正係数を k としたとき、

【数 1】

$$P \cdot L^3 \leq \frac{36 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d \times y}{\sqrt{3 \cdot k \cdot c}}$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 2】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、

$$P \cdot L^3 \leq 0.00427$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 3】 基板厚さを h 、基板密度を ρ 、基板の静止摩擦係数を μ 、基板吸着保持装置を搭載するステージの最大加速度を G としたとき、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、さらに、

$$G \cdot h \cdot \rho / \mu \leq P \leq 100000$$

$$\text{かつ、} 0.0005 \leq L \leq 0.005$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板吸着保持装置。

【請求項 4】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、

$$P \cdot L^3 \leq 0.00427$$

$$\text{かつ、} 33 \leq P \leq 100000$$

$$\text{かつ、} 0.0005 \leq L \leq 0.005$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 5】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを L_a 、前記中心凸部の基板の吸着力を P_a 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチを L_b 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を P_b とするとき、それぞれの配列ピッチ L_a 、 L_b と吸着力 P_a 、 P_b は、ディストーション許容値を $d \times d_y$ とし、基板の縦弾性係数を E 、基板厚さを h 、凸部配列による補正係数を c 、中立面補正係数を k としたとき、

【数 2】

$$P_a \cdot L_a^3 \leq \frac{36 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d_y}{\sqrt{3 \cdot k \cdot c}}$$

および、

$$P_b \cdot L_b^3 \leq \frac{8 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d_y}{k \cdot c}$$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 6】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と、基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを L_a 、前記中心凸部の基板の吸着力を P_a 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチを L_b 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を

P_b とするとき、それぞれの配列ピッチ L_a 、 L_b と吸着力 P_a 、 P_b は、

$$P_a \cdot L_a^3 \leq 0.00427$$

および、

$$P_b \cdot L_b^3 \leq 0.00164$$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 7】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを L_a 、前記中心凸部の基板の吸着力を P_a 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチを L_b 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を P_b とするとき、それぞれの配列ピッチ L_a 、 L_b と吸着力 P_a 、 P_b は、

$$P_a \cdot L_a^3 \leq 0.00427$$

かつ、 $33 \leq P_a \leq 100000$

かつ、 $0.0005 \leq L_a \leq 0.005$

および、

$$P_b \cdot L_b^3 \leq 0.00164$$

かつ、 $33 \leq P_b \leq 100000$

かつ、 $0.0005 \leq L_b \leq 0.005$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 8】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチより大きくし、かつ、前記中心凸部の基板の吸着力を、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力より小さくしたことを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 9】 基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチ以上とし、かつ、前記中心凸部の基板の吸着力を、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力より大きくしたことを特徴とする基板吸着保持装置。

【請求項 10】 前記凸部の先端を球面状に形成してあることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の基板吸着保持装置。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の基板吸着保持装置および該基板吸着保持装置に吸着保持された基板に対して原版のパターンを露光転写する露光手段を備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程を含む製造工程によってデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被加工物である基板を把持する基板吸着保持装置に関し、特に半導体製造装置、液晶基板製造装置、磁気ヘッド製造装置、半導体検査装置、液晶基板検査装置、磁気ヘッド検査装置、およびマイクロマシンの製造等に用いられる基板吸着保持装置に関し、さらに、このような基板吸着保持装置を用いた露光装置およびデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体素子製造等に用いられる縮小投影露光装置は、素子の微細化に対応するための高NA化が進んでいる。高NA化によって解像力は向上するものの、有効な焦点深度は逆に減少してしまう。そこで、解像力は維持しかつ十分な実用深度を確保するために、投影光学系の像面湾曲の軽減や、ウェハの厚みムラや

チャックの平面精度の向上などウェハフラットネス（平面度）の改善が図られてきた。

【 0 0 0 3 】

ウェハ表面のフラットネスを悪化させる原因として、チャックとウェハとの間の異物挟み込みがある。一旦数 μm の異物を挟み込むとその部分のウェハは変形を受け盛り上がってしまう。有効な焦点深度が $1\ \mu\text{m}$ 以下である場合、その部分はローカルなデフォーカスを引き起こし、最悪な場合パターン不良を生じる。このような異物による歩留まりの悪化を確率的に回避するため、チャックとウェハとの接触率を極限まで減少させたいいわゆるピンコンタクトチャック（ピンチャック）が主流となっている。

【 0 0 0 4 】

しかし、ピンチャックにおいては、ウェハがピンとピンとの間で真空吸引力により変形してたわみ、ウェハ表面の平面度が悪化することが知られており、これを改善するための種々の提案がなされている。例えば、特許第 2 5 7 4 8 1 8 号公報においては、チャック外周部にリング状の溝を設け、それより内側の中心部には 2 mm 以下のピンピッチのピンを設けることにより、チャック外周部のウェハ平面度とチャック中心部のピンピッチ間のウェハ平面度を良好にする提案がなされている。この提案では、ピンが格子状に配列されたピンチャックにおいて、ピンピッチ間の平面度を両端自由支持梁のモデルで近似できるとし、目標とする平面度から必要なピンピッチが 2 mm 以下になることを開示している。しかしながら、両端自由支持梁で近似するということは、中心部より悪い条件である外周部の先端で支持する条件を使って全体のピンピッチを求めているのであって、平面度として最適なピンピッチを外周部と中心部それぞれで求める開示はない。したがって、中心部のピンピッチは必要以上に小さくなり、結果として接触率が不必要に大きくなる問題が発生してしまう。

【 0 0 0 5 】

この問題を改善するために、特許第 2 8 2 1 6 7 8 号公報においては、チャック外周部のピンピッチよりチャック中心部のピンピッチを大きくすることにより、接触率を小さく抑えつつ、チャック外周部と中心部のウェハ平面度を良好にす

る提案がなされている。この提案では、外周部のピンピッチ間の平面度を片側固定・片側自由支持梁のモデルで、中心部のピンピッチ間の平面度を両端固定梁のモデルで近似できるとし、外周部と中心部のピンピッチの比を最適にできることを開示している。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記の特許第 2 8 2 1 6 7 8 号公報においては、チャック外周部と中心部の吸着力は同じであることを前提としており、ウェハ平面度として最適な吸着力をチャック外周部と中心部それぞれで求める開示はなされていないし、ウェハ平面度として最適なピンピッチと吸着力の関係を求める開示もない。

【0 0 0 7】

ところで、このようなウェハ平面度すなわちピンピッチ間で発生するたわみによってウェハ表面の平面度が悪化してしまう問題もさることながら、実際には、このピンピッチ間のたわみに起因してディストーション（ウェハディストーション）が発生してしまうことの方がはるかに深刻な問題となる。例えば、後述するように、現在の主流となっている $\phi 200\text{ mm}$ ウェハをピンピッチが 2 mm の格子配列のピンチャックに吸着した場合、このウェハディストーションはウェハ平面度の約 $1/2.6$ も発生する。そして、現在量産されている $0.25\text{ }\mu\text{ m}$ ルールの半導体プロセスの場合、ウェハ平面度の許容値は、焦点深度 800 nm の 1 割として 80 nm であるのに対し、ウェハディストーションの許容値は、オーバーレイ精度 50 nm の 1 割として 5 nm であり、これをウェハ平面度に換算すれば、 13 nm となって、 80 nm よりはるかに小さい。すなわち、焦点深度から要求される平面度よりも、オーバーレイ精度から要求される平面度の方がはるかに厳しい。従来は、ウェハ平面度を許容値内にしようとしての平面度矯正は行なっていたが、ウェハディストーションとして許容値内にしようとする認識はなかった。そのため、ウェハディストーションは許容値外となっていて、オーバーレイ精度を悪化させ、歩留まりを低下させる原因となっていた。あるいは、余計なプロセスマージンを必要とし、半導体デバイスの微細化、高集積化を阻害する原因となっていた。

【0008】

なお、前記の特許第2821678号公報において、ウェハ外周部の平面度を良好にすると、ウェハ外周部のアライメントマークの位置ずれが、ウェハ中心部のアライメントマークの位置ずれと同様に小さくできる旨の記述がある。しかし、アライメントマークの位置ずれについて定量的な開示は成されていない。また、チャック中心部のピンピッチ間のたわみに起因したウェハディストーションが問題になるという認識がなく、ウェハディストーションとして最適なピンピッチと吸着力の関係を求める開示もなされておらず、それらの関係を外周部と中心部それぞれにおいて求める開示もなされていない。すなわち、ウェハディストーションを許容値内にする方法は開示されていない。

【0009】

そこで、本発明は、上記の従来技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであって、ウェハ等の基板を複数の凸部を用いて吸着保持する際に生じる基板表面の変形に起因する基板表面の平面度の悪化やディストーションを減少させて最適な状態で基板を吸着保持することができ、オーバーレイ精度の向上を図ることができる基板吸着保持装置、および該基板吸着保持装置を用いた露光装置ならびにデバイスの製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチLと基板の吸着力Pは、ディストーション許容値を $d \times d y$ とし、基板の縦弾性係数をE、基板厚さをh、凸部配列による補正係数をc、中立面補正係数をkとしたとき、

【数3】

$$P \cdot L^3 \leq \frac{36 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d y}{\sqrt{3 \cdot k \cdot c}}$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0010】

本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、

$$P \cdot L^3 \leq 0.00427$$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0011】

また、本発明の基板吸着保持装置においては、基板厚さを h 、基板密度を ρ 、基板の静止摩擦係数を μ 、基板吸着保持装置を搭載するステージの最大加速度を G としたとき、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、さらに、

$$G \cdot h \cdot \rho / \mu \leq P \leq 100000$$

かつ、 $0.0005 \leq L \leq 0.005$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0012】

さらに、本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部の配列ピッチ L と基板の吸着力 P は、

$$P \cdot L^3 \leq 0.00427$$

かつ、 $33 \leq P \leq 100000$

かつ、 $0.0005 \leq L \leq 0.005$

の関係を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0013】

本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを L_a 、前記中心凸部の基板の吸着力を P_a 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチを L_b 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を P_b とするとき、それぞれの配列ピッチ L_a 、 L_b と吸着力 P_a 、 P_b は、ディストーション許容値を $d \times d_y$ とし、基板の縦弾性係数を E 、基板厚

さを h 、凸部配列による補正係数を c 、中立面補正係数を k としたとき、

【数 4】

$$P a \cdot L a^3 \leq \frac{36 \cdot E \cdot h^2 \cdot d x d y}{\sqrt{3 \cdot k \cdot c}}$$

および、

$$P b \cdot L b^3 \leq \frac{8 \cdot E \cdot h^2 \cdot d x d y}{k \cdot c}$$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする。

【0 0 1 4】

本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と、基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを $L a$ 、前記中心凸部の基板の吸着力を $P a$ 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチを $L b$ 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を $P b$ とするとき、それぞれの配列ピッチ $L a$ 、 $L b$ と吸着力 $P a$ 、 $P b$ は、

$$P a \cdot L a^3 \leq 0.00427$$

および、

$$P b \cdot L b^3 \leq 0.00164$$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする。

【0 0 1 5】

本発明の基板吸着保持装置は、基板を支持するための複数の凸部を備え、該凸部上に支持される基板を吸着保持する基板吸着保持装置において、前記凸部には、基板の外周部を支持する外周凸部と基板の外周部より内側の中心部を支持する中心凸部があり、前記中心凸部の配列ピッチを $L a$ 、前記中心凸部の基板の吸着力を $P a$ 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピ

ッチを L_b 、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力を P_b とするとき、それぞれの配列ピッチ L_a 、 L_b と吸着力 P_a 、 P_b は、

$$P_a \cdot L_a^3 \leq 0.00427$$

$$\text{かつ、} 33 \leq P_a \leq 100000$$

$$\text{かつ、} 0.0005 \leq L_a \leq 0.005$$

および、

$$P_b \cdot L_b^3 \leq 0.00164$$

$$\text{かつ、} 33 \leq P_b \leq 100000$$

$$\text{かつ、} 0.0005 \leq L_b \leq 0.005$$

の関係を満足するようにそれぞれ設定されていることを特徴とする。

【0016】

また、本発明の基板吸着保持装置において、前記中心凸部の配列ピッチを、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチより大きくし、かつ、前記中心凸部の基板の吸着力を、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力より小さくすることができ、さらにまた、前記中心凸部の配列ピッチを、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチ以上とし、かつ、前記中心凸部の基板の吸着力を、前記外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の基板の吸着力より大きくすることもできる。

【0017】

本発明の基板吸着保持装置においては、前記凸部の先端を球面状に形成することが好ましい。

【0018】

そして、本発明の露光装置は、上述した基板吸着保持装置および該基板吸着保持装置に吸着保持された基板に対して原版のパターンを露光転写する露光手段を備えていることを特徴とする。

【0019】

本発明のデバイスの製造方法は、上述した露光装置を用いて基板を露光する工

程を含む製造工程によってデバイスを製造することを特徴とする。

【0 0 2 0】

【作用】

本発明の基板吸着保持装置によれば、ウェハ等の基板を支持するための複数の凸部の配列ピッチと基板の吸着力を所定の関係式を満足するように設定することにより、さらには、基板の中心部を支持する中心凸部の配列ピッチと中心凸部での基板の吸着力、および基板の外周部を支持する外周凸部と該外周凸部の内側に隣接する中心凸部との間の配列ピッチと外周凸部での基板吸着力をそれぞれ所定の関係式を満足するように設定することにより、複数の凸部を用いて基板を吸着保持する際に生じる基板表面の変形に起因する基板表面の平面度の悪化やディストーションを減少させ、平面度やディストーションをそれぞれの許容値内に抑えることが可能となる。

【0 0 2 1】

これにより、ウェハ等の基板を最適な状態で吸着保持することができ、オーバーレイ精度を向上させて、より微細な素子製造の工程であっても歩留まりを大きく向上させることができる。

【0 0 2 2】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0 0 2 3】

図 1 は、本発明の基板吸着保持装置の一実施例を示し、(a) はその平面図、(b) は部分断面図であり、図 2 は、本発明の基板吸着保持装置の他の実施例を示す平面図である。

【0 0 2 4】

図 1 において、1 は、半導体露光装置等の X Y ステージ上に設置される基板吸着保持装置としてのチャックであり、ウェハ等の基板を載置する支持面は、基板を支持するための複数のピン状の凸部 1 0、1 3、1 4 (以下、単にピンともいう。) から構成され、各凸部の先端面は、高精度のラップ加工によって超平面に形成されている。

【 0 0 2 5 】

図 1 に図示するピン状の凸部 1 0 は、ピン径 $\phi 0.2 \text{ mm}$ で、配列ピッチ $L \text{ mm}$ で格子状に並設されており、チャック上面側に真空源に連通する真空吸着用の吸引穴 1 1 が少なくとも 1 個設けられている。なお、ピン状の凸部 1 0 の配列は、格子配列以外にも、図 2 に図示するように同心円状に配列することもでき、60 度千鳥格子配列、あるいはピンピッチが $L \text{ mm}$ 以下のランダム配列とすることもでき、また、それらを組み合わせた配列であってもよい。

【 0 0 2 6 】

チャック 1 の外周部には、基板の外周部を支持するための複数のピン状の（外周）凸部 1 3 が円周状に並設され、この外周凸部 1 3 の僅かに内側に環状の隔壁 1 2 が設けられている。この環状の隔壁 1 2 の高さは、凸部 1 3 の上面から $1 \sim 2 \mu \text{ m}$ 程度低く形成されている。これは、 $1 \sim 2 \mu \text{ m}$ 程度の隙間では吸着用の真空圧の低下は僅かであって問題とならず、その $1 \sim 2 \mu \text{ m}$ 程度の差よりも小さい径のごみが隔壁 1 2 に付着してもごみが基板に接触しないので、接触率が増えずにすむようにするものである。なお、図 1 において、1 4 は、最外周の凸部 1 3 から 1 ピッチ内側に円周状に配設された凸部であり、環状の隔壁 1 2 の内側に隣接して設けられている。

【 0 0 2 7 】

以上のように構成されたチャック 1 においては、ウェハ等の基板 2 がチャックの支持面上に載置され、真空源の作動により吸引穴 1 1 を介して真空吸引されることにより、基板 2 は、図 3 および図 9 に示すように、チャック 1 に凸部 1 0、1 3、1 4 に支持され吸着保持される。このとき、基板としてのウェハ 2 は凸部間では真空吸着力により変形したわむことになり、ウェハ平面度が悪化する。また、ウェハがたわむことによりウェハ表面は水平方向に歪み、位置ずれを起こすことになり、ウェハディストーションが発生する。

【 0 0 2 8 】

そこで、このウェハ平面度およびウェハディストーションの発生量を材料力学上のモデルから考察する。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、チャック 1 の中心部においてピン状の凸部 1 0 が一方向に連続してピンピッチ L で並設されている部分において、ウェハ 2 が吸着保持されている時のたわみの様子を示す断面図である。この場合、材料力学上のモデルとしては、図 4 に示すような等分布荷重を受ける両端固定の梁のモデルが当てはまる。

【0 0 3 0】

ここで、梁の幅を b 、厚さを h 、断面 2 次モーメントを I とすると、

【数 5】

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \dots\dots (1)$$

となり、真空圧を P 、単位長さあたりの荷重を w とすると、

$$w = P \cdot b \quad \dots\dots (2)$$

となり、梁の長さを L 、縦弾性係数を E とすると、梁の最大たわみ量 v は、

【数 6】

$$v = \frac{w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad \dots\dots (3)$$

となる。さらに、式 (3) を式 (1) および (2) で変形すると、

【数 7】

$$v = \frac{P \cdot L^4}{32 \cdot E \cdot h^3} \quad \dots\dots (4)$$

となる。すなわち、梁の最大たわみ量 v は、幅 b によらずに、真空圧 P 、梁の長さ L 、縦弾性係数 E 、厚さ h によって決まることを意味する。そして、この最大たわみ量 v がウェハ平面度に相当する。

【0 0 3 1】

次に、この梁の長さ方向の座標を x 、曲げモーメントを M とすると、

【数 8】

$$M = \frac{w \cdot L^2}{2} \left(-\frac{1}{6} + \frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) \quad \dots\dots (5)$$

となる。図 5 には、この x と曲げモーメント M の関係 (15) および梁のたわみ曲線 (16) を示す。この図 5 からわかるように、曲げモーメント M は、 x の範囲 a と範囲 c では負で、範囲 b では正となっている。また、 M が 0 となる 2 カ所の位置 x_1 と x_2 において梁のたわみ曲線の傾斜角が最大となり、この最大傾斜角を α とすると、

【数 9】

$$\alpha = \frac{\sqrt{3} w \cdot L^3}{216 \cdot E \cdot I} \quad \dots\dots (6)$$

となる。さらに、式 (1) および (2) で変形すると、

【数 10】

$$\alpha = \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L^3}{18 \cdot E \cdot h^3} \quad \dots\dots (7)$$

となる。

【0032】

そして、実際には、ウェハは厚さ h をもっているから、それを誇張して表わすと図 6 となる。図 6 において、厚さ h の中ほどを通る一点鎖線 (17) は、どの x の位置においても伸縮しない面である中立面を示す。この中立面よりウェハ表面側においては、曲げモーメント M によって、 x の範囲 a と範囲 c では引張りによる x 方向の伸びが発生し、範囲 b では圧縮による x 方向の縮みが発生する。逆に、中立面よりウェハ裏面側においては、 x の範囲 a と範囲 c では圧縮による縮

み発生し、範囲 b では引張りによる x 方向の伸びが発生する。そして、この x 方向の伸び量あるいは縮み量は、中立面からの距離に比例し、さらに中立面の傾斜角に比例する。すなわち、吸着によるウェハ表面の x 方向の伸縮によって発生する位置ずれは、傾斜角が 0 である位置 x_3 、 x_5 、 x_7 では 0 となり、傾斜角が最大となる位置 x_4 、 x_6 で最大となる。中立面からウェハ表面までの距離は、単結晶 Si ウェハの場合、ほぼ $h/2$ と考えられるが、例えば、ウェハやウェハ相当の基板の材質、均一性、表面あるいは裏面に施されたプロセス、チャックとの吸着状態などにより、 $h/2$ と異なる場合が考えられるので、中立面補正係数を k として、 $k \cdot h/2$ とし、最大位置ずれ量を u とすると、

【数 1 1】

$$u = \frac{h \cdot \alpha}{2} \cdot k \quad \dots\dots (8)$$

となる。さらに、式 (7) で変形すると、

【数 1 2】

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L^3}{36 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \quad \dots\dots (9)$$

となる。すなわち、ウェハ表面の最大位置ずれ量 u は、幅 b によらずに、中立面補正係数 k 、真空圧 P 、梁の長さ L 、縦弾性係数 E 、厚さ h によって決まることを意味する。そして、この状態で露光されることとなるので、ウェハに露光された像は、ウェハがたわんでいない状態を基準に考えると、この位置ずれ分、ウェハに対し相対的に歪んだ像となってしまう。したがって、この最大位置ずれ量 u が、ウェハディストーションに相当する。

【0 0 3 3】

以上の説明においては、ピン状の凸部 1 0 が一方向に連続的にピンピッチ L で並んでいる部分において、一次元の梁のモデルで考察したが、実際のピン配列は二次元配列であり、格子配列、円周状配列、60 度千鳥格子配列、ランダム配列

等によって、上記の最大たわみ量 v と最大位置ずれ量 u の値は変わってしまう。
そこで、実際にフラットなウェハを吸着したときのウェハ平面度を $V 1$ 、ウェハ
ディストーションを $U 1$ 、ピン配列による補正係数を $c 1$ 、 $c 2$ とすると、

【数 1 3】

$$V 1 = v \cdot c 1 = \frac{P \cdot L^4}{32 \cdot E \cdot h^3} \cdot c 1 \quad \cdots \cdots (10)$$

【数 1 4】

$$U 1 = u \cdot c 2 = \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L^3}{36 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \cdot c 2 \quad \cdots \cdots (11)$$

となる。

【0 0 3 4】

そして、格子配列の場合、図 7 のように、最大たわみは、4 本のピン 1 9 ～ 2 3 の中心 1 8 の位置となるから、ピン 1 9 と 2 0 で支持した梁 2 3 を想定し、長さ L として求めた場合より大きくなるし、4 本のピンの内、対角の凸部 1 9 と 2 1 で支持した梁 2 4 を想定し、長さを $L \cdot 2^{1/2}$ として求めた場合よりは小さくなると考えられる。したがって、補正係数 $c 1$ は、1 から 4 ($= (2^{1/2})^4$)、 $c 2$ の値は 1 から 2. 8 ($= (2^{1/2})^3$) になると考えられる。但し、対角のピン 1 9 と 2 1 で支持した梁 2 4 と対角のピン 2 0 と 2 2 で支持した梁 2 5 は、独立に同量たわむと考えられるので、梁の長さを $L \cdot 2^{1/2}$ として求めた場合に近い値になると考えられる。

【0 0 3 5】

また、60 度千鳥格子配列の場合、図 8 に示すように、最大たわみは、3 本のピンの中心 2 6 の位置となるから、ピン 2 7 と 2 8 で支持した梁 3 1 を想定し、長さ L として求めた場合より大きくなるし、3 本のピンの中心 2 6 を通りピン 2 7 と 2 8 で支持した梁 3 2、3 3 を想定し、梁の長さを $L \cdot 2/3^{1/2}$ として求めた場合より小さくなる。したがって、補正係数 $c 1$ の値は、1 から 1. 8 ($= (2/3^{1/2})^4$)、 $c 2$ の値は 1 から 1. 5 ($= (2/3^{1/2})^3$) になると考

えられる。

【0036】

また、円周状配置あるいはランダムピン配置の場合においては、格子配列あるいは60度千鳥配列の変形配列と捉えることができ、その変形の度合いによって補正係数の値が変わってくる。しかし、僅かな変形であれば、格子配列あるいは60度千鳥格子配列とほぼ同じとみなすことができ、補正係数もほぼ同じ値となる。

【0037】

なお、実際には各種のピン配列毎に、補正係数 c_1 、 c_2 は、FEMで計算すればより正確な値が得られるし、補正係数 c_1 あるいは $k \cdot c_2$ は、実験で実際に評価すればより正確な値が得られる。

【0038】

以上のように、実際にフラットなウェハを吸着したときのウェハ平面度 V_1 、ウェハディストーション U_1 は、式(10)、(11)で表わされるので、チャックとして許容されるウェハ平面度許容値を d_z 、ウェハディストーション許容値を $d_x d_y$ とすれば、

【数15】

$$d_z \geq \frac{P \cdot L^4}{32 \cdot E \cdot h^3} \cdot c_1 \quad \dots\dots (12)$$

【数16】

$$d_x d_y \geq \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L^3}{36 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \cdot c_2 \quad \dots\dots (13)$$

にすればよい。ここで、吸着されるウェハ（基板）が決まれば、縦弾性係数 E 、厚さ h 、中立面補正係数 k は決まり、ピン（凸部）配列を決めれば、ピン（凸部）配列による補正係数 c_1 、 c_2 は決まるので、真空圧 P とピンピッチ L を式(12)、(13)の条件を満足する組み合わせで選択すればよいことになる。

【0039】

すなわち、式 (1 2)、(1 3) を変形すると、

【数 1 7】

$$P \leq \frac{3^2 \cdot E \cdot h^3 \cdot dz}{c_1} \cdot \frac{1}{L^4} \dots\dots (14)$$

【数 1 8】

$$P \leq \frac{3^6 \cdot E \cdot h^2 \cdot dx dy}{\sqrt{3 \cdot k \cdot c_2}} \cdot \frac{1}{L^3} \dots\dots (15)$$

となり、この条件式 (1 4)、(1 5) をともに満足する真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすれば、ウェハ平面度とウェハディストーションを許容値 dz 、 $dx dy$ 以下に収めることができる。

【0 0 4 0】

ところで、この 2 つの条件は、ピンピッチ L がある値以下であれば、条件式 (1 5) さえ満足すれば、条件式 (1 4) も満足する。その L の値は、条件式 (1 4) の右辺より条件式 (1 5) の右辺が小さいという条件で求められ、

【数 1 9】

$$L \leq \frac{8 \cdot \sqrt{3 \cdot k \cdot c_2}}{9 \cdot c_1} \cdot \frac{h \cdot dz}{dx dy} \dots\dots (16)$$

となる。すなわち、ピンピッチ L が式 (1 6) を満足する範囲においては、条件式 (1 5) を満足する真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすればよいことになる。

【0 0 4 1】

そこで、例えば代表的な $\phi 200 \text{ mm Si}$ ウェハを格子配列のピンチャックを用いて吸着保持する場合を考えると、縦弾性係数 $E = 1.69 \times 10^{11} \text{ N/m}$ 、厚さ $h = 0.725 \text{ mm}$ であり、中立面補正係数 $k = 1$ 、補正係数 $c_1 = 4$ 、 $c_2 = 2.8$ とする。また、現在量産されている $0.25 \mu\text{m}$ ルールの半導体プロ

セスの場合、ウェハ平面度許容値 d_z は、焦点深度 800 nm の 1 割として 80 nm となり、ウェハディストーション許容値 $d_x d_y$ は、オーバーレイ精度 50 nm の 1 割として 5 nm となる。すると、 P の単位を N/m^2 、 L の単位を m として、式 (15)、(16) は、

$$P \leq 0.0033 / L^3 \quad \dots\dots (17)$$

$$L \leq 0.0125 \quad \dots\dots (18)$$

となる。よって、ピンピッチ L が 12.5 mm 以下においては、条件式 (17) を満足する真空圧 P とピンピッチ L にすればよいことになる。そして、後述するように、ピンピッチ L は通常 5 mm 以下であるので、これに当てはまる。

【0042】

因みに、このように通常のピンピッチにおいて、条件式 (15) さえ満足すれば、条件式 (14) も満足するということは、ウェハ平面度よりもウェハディストーションを許容値以下にするほうが、厳しい条件になっているといことを意味する。それを明確にするため、式 (10)、(11) から、ウェハを吸着した時に発生するウェハ平面度 V_1 とウェハディストーション U_1 の比を求めると、

【数20】

$$\frac{V_1}{U_1} = \frac{9 \cdot c_1}{8 \cdot \sqrt{3 \cdot k \cdot c_2}} \cdot \frac{L}{h} \quad \dots\dots (19)$$

となり、ここに前記と同様の代表的な諸係数を代入すると、

【数21】

$$\frac{V_1}{U_1} = 1280 \cdot L \quad \dots\dots (20)$$

となる。

【0043】

これは、例えばピンピッチ L が 2 mm だと、 U_1 は V_1 の $1/2.6$ 発生する

ことを意味する。つまり、ウェハディストーションの許容値が 5 nm であれば、そのときのウェハ平面度は 13 nm しか許容されないことを意味する。これは、焦点深度から決まるウェハ平面度許容値の 80 nm に比べてはるかに厳しい値となっている。そして、ピンピッチ L が大きければ、ウェハ平面度に対するウェハディストーションの発生量の割合は小さくなり、ピンピッチ L を 12.5 mm にしてようやくウェハ平面度の許容値に対するウェハディストーションの許容値の割合と同じになることを意味する。

【 0 0 4 4 】

次に、ウェハ中心部において、具体的に取り得る真空圧 P とピンピッチ L の範囲を図 15 を用いて説明する。図 15 は、ピンピッチ L を横軸に、真空圧 P を縦軸にして示す図表であり、条件式 (17) を満足する真空圧 P とピンピッチ L の範囲は、実線 42 から左下側の領域となる。

【 0 0 4 5 】

なお、条件式 (17) は、 $\phi 200 \text{ mm Si}$ ウェハで厚さ $h = 0.725 \text{ mm}$ として求めたが、 $\phi 125 \text{ mm Si}$ ウェハの場合、厚さ $h = 0.725 \text{ mm}$ であるので、その場合には、

$$P \leq 0.00245 / L^3 \quad \dots\dots (21)$$

となり、図 15 においては、実線 43 から左下側の領域となる。

【 0 0 4 6 】

また、 $\phi 300 \text{ mm Si}$ ウェハの場合だと、厚さ $h = 0.775 \text{ mm}$ であるが、さらに将来は $\phi 400 \text{ mm Si}$ ウェハ等、さらなる大口径化が進み、厚さ $h = 0.825 \text{ mm}$ 程度になることが予測される。そこで、厚さ $h = 0.825 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00427 / L^3 \quad \dots\dots (22)$$

となり、図 15 においては、実線 41 から左下側の領域となる。

【 0 0 4 7 】

また、今後、半導体デバイスのさらなる微細化が進み、半導体プロセスが、 $0.18 \mu\text{m}$ 、 $0.13 \mu\text{m}$ 、さらには $0.1 \mu\text{m}$ ルールとなっていくに従い、オーバーレイ精度のさらなる向上は必須であり、それによって、ウェハディストー

ションの許容値 $d \times d \times y$ も、5 nm から 2. 5 nm、さらには 1 nm と厳しくな
 っていくと考えられる。

【0 0 4 8】

そこで、ウェハディストーションの許容値 $d \times d \times y = 2. 5 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0$
 . 8 2 5 mm の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 2 1 3 / L^3 \quad \dots\dots (2 3)$$

となり、図 1 5 においては、破線 4 4 から左下側の領域となる。

【0 0 4 9】

同様に、ウェハディストーションの許容値 $d \times d \times y = 2. 5 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0$
 . 7 2 5 mm の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 1 6 5 / L^3 \quad \dots\dots (2 4)$$

となり、図 1 5 においては、破線 4 5 から左下側の領域となる。

【0 0 5 0】

同様に、ウェハディストーションの許容値 $d \times d \times y = 2. 5 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0$
 . 6 2 5 mm の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 1 2 3 / L^3 \quad \dots\dots (2 5)$$

となり、図 1 5 においては、破線 4 6 から左下側の領域となる。

【0 0 5 1】

また、ウェハディストーションの許容値 $d \times d \times y = 1 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0. 8 2$
 5 mm の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 0 8 5 / L^3 \quad \dots\dots (2 6)$$

となり、図 1 5 においては、二点鎖線 4 7 から左下側の領域となる。

【0 0 5 2】

同様に、 $d \times d \times y = 1 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0. 7 2 5 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 0 6 6 / L^3 \quad \dots\dots (2 7)$$

となり、図 1 5 においては、二点鎖線 4 8 から左下側の領域となる。

【0 0 5 3】

同様に、 $d \times d \times y = 1 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0. 6 2 5 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0. 0 0 0 4 9 / L^3 \quad \dots\dots (2 8)$$

となり、図 1 5 においては、二点鎖線 4 9 から左下側の領域となる。

【 0 0 5 4 】

以上のように、ウェハ中心部において、具体的に取り得る真空圧 P とピンピッチ L の範囲を、いくつかのウェハ厚さ h とウェハディストーションの許容値 $d x d y$ の条件で、条件式 (1 5) から求めた。ところで、これら全てにおいて、式 (1 6) から求まるピンピッチ L の範囲が、後述する通常のピンピッチ 5 mm 以下を満足しているので、条件式 (1 4) も満足している。それは、式 (1 6) の右辺が最小になる場合、すなわち最小の $h = 0.625 \text{ mm}$ と最大の $d x d y = 5 \text{ nm}$ の場合においてさえも、 $L \leq 0.011$ となり、後述する通常のピンピッチ 5 mm 以下を満足しているからである。したがって、ウェハ中心部において、以上の範囲から選択した真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすることにより、所望のウェハ平面度の許容値 $d z$ とウェハディストーションの許容値 $d x d y$ を満足することができる。

【 0 0 5 5 】

ところで、チャックの真空圧 P の通常取り得る範囲は、チャックの別の条件で以下ようになる。まず、取り得る最小の真空圧 P は、チャックを保持する XY ステージが最大加速度で移動してもウェハを保持できる条件で求まる。すなわち、 XY ステージの最大加速度を G 、静止摩擦係数を μ 、ウェハ面積を (s) 、ウェハ密度を ρ とすると、

$$P \cdot (s) \cdot \mu \geq G \cdot (s) \cdot h \cdot \rho \quad \cdots \cdots (29)$$

すなわち、

$$P \geq G \cdot h \cdot \rho / \mu \quad \cdots \cdots (30)$$

となる。ここで、例えば、 XY ステージの最大加速度 $G = 0.2 \times 9.8 = 1.96 \text{ m/s}^2$ 、静止摩擦係数 $\mu = 0.1$ 、厚さ $h = 0.625 \text{ mm}$ 、ウェハ密度 $\rho = 2330 \text{ kg/m}^3$ とすると、

$$P \geq 33 \quad \cdots \cdots (31)$$

となり、図 1 5 においては、実線 5 0 から上側の領域となる。

【 0 0 5 6 】

次に、取り得る最大の真空圧 P は、大気圧 100 kN/m^2 とすると、

$$P \leq 100000 \quad \dots\dots (32)$$

となり、図15においては、実線51から下側の領域となる。

【0057】

一方、チャックのピンピッチLの通常取り得る範囲は、チャックの別の条件で以下ようになる。取り得る最小のピンピッチLは、チャックとウェハとの接触率によって求まる。そこで、最初にピンピッチと接触率の関係を説明する。まず、単位面積当たりのピンの本数をnとすると、図7の格子配列の場合、4本のピン19～22の各中心で囲む面積にピンが1本相当あるので、

$$n = 1 / L^2 \quad \dots\dots (33)$$

となる。また、図8の60度千鳥格子配列の場合も、4本のピン27～30の各中心で囲む面積にピンが1本相当あるので、

$$n = (2 / 3^{1/2}) / L^2 \quad \dots\dots (34)$$

となる。さらに、ピンの先端面の面積をs、ウェハとピンとの接触率をNとすると、 $N = s \cdot n$ であるので、

$$\text{格子配列の場合：} \quad N = s / L^2 \quad \dots\dots (35)$$

60度千鳥格子配列の場合：

$$N = (2 / 3^{1/2}) \cdot s / L^2 \quad \dots\dots (36)$$

となる。したがって、ウェハとピンとの接触率Nは、ピンの先端面の面積s、ピンピッチLによって決まる。実際の接触率Nは、これまでの半導体プロセスの経験では、ピンピッチLを2mm程度、ピンの先端面を $\phi 0.2\text{mm}$ すなわちピンの先端面の面積 $s = \pi \cdot (0.1)^2 = 0.0314\text{mm}^2$ 程度にすることにより、0.008程度である。したがって、ピンの先端面を例えば $\phi 0.05\text{mm}$ 程度に加工することにより、同程度の接触率のまま、ピンピッチLを0.5mmまで小さくできる。したがって、

$$L \geq 0.0005 \quad \dots\dots (37)$$

となり、図15においては、実線52から右側の領域となる。

【0058】

次に、取り得る最大のピンピッチLの値は、ウェハのローカルな反りの周期によって決まる。実際、ウェハは、ウェハ全体のわたるグローバルな反りから、細

かい周期のうねりのようなローカルな反りまで、さまざまな周期の反りを持っている。ウェハチャックは、これらの反りを平面に矯正することが重要な機能であるが、ピンチャックの場合、ピンピッチ以下の周期の反りは、原理的に矯正できない。つまり、少なくとも、ウェハディストーションとして問題となる 13 nm 程度の振幅の反りの最低周期より小さいピンピッチとする必要があり、確実に矯正の効果を上げるには、最低周期の半分以下のピンピッチとする必要がある。現状のウェハの反りの周期は、測定精度の問題や厚さムラとの分離が難しいため明確には分かっていないが、今後ウェハ自体の反りも改善されていくことを考慮しても、最大 10 mm 程度の周期の反りは存在してしまうと考えられる。したがって、ピンピッチは 5 mm 以下にする必要があり、

$$L \leq 0.005 \quad \dots\dots (38)$$

となり、図 15 においては、実線 53 から左側の領域となる。

【0059】

以上から、ウェハ中心部における、具体的な真空圧 P とピンピッチ L の範囲は、式 (22)、(31)、(32)、(37)、(38) から、

$$P \leq 0.00427 / L^3$$

かつ、 $33 \leq P \leq 100000$

かつ、 $0.0005 \leq L \leq 0.005 \quad \dots\dots (39)$

となり、図 15 においては、実線 41、実線 51、実線 52、実線 50 および実線 53 で囲まれた範囲となる。

【0060】

以上においては、ピン状凸部 10 が一方向に連続してピンピッチ L でなっている部分、すなわち、チャックの外周部より内側の中心部について説明したが、次に、チャックの外周部について説明する。図 9 は、チャックの外周部において、ウェハ 2 が吸着保持されている時のたわみの様子を示す断面図であり、この図において、隔壁 12 は最外周の凸部 13 の僅かに内側に設けられており、隔壁 12 の高さは、凸部 13 の上面から 1 ~ 2 μ m 程度低く形成されている。これは、1 ~ 2 μ m 程度の隙間では吸着用の真空圧の低下は僅かであって問題とならず、その 1 ~ 2 μ m 程度の差よりも小さい径のごみが隔壁 12 に付着してもごみが基

板に接触しないので、接触率が増えずにすむようにするものである。

【0 0 6 1】

チャックの外周部におけるウェハのたわみの状態の材料力学上のモデルは、図 1 0 に図示するような等分布荷重を受ける片側固定・片側自由の梁のモデルが当てはまる。ただし、図 9 のように、最外周のピン 1 3 は、ウェハ 2 をピン 1 3 の中心ではなく角部で支持することになるので、この場合のピンピッチ L はピン 1 3 の内側の角部から 1 ピッチ内側にあるピン 1 4 の中心までの距離となる。

【0 0 6 2】

この梁の最大たわみ量を v とすると、

【数 2 2】

$$v = \frac{w \cdot L^4}{184.6 \cdot E \cdot I} \quad \dots\dots (40)$$

となり、さらに式 (1)、(2) で変形すると、

【数 2 3】

$$v = \frac{P \cdot L^4}{15.38 \cdot E \cdot h^3} \quad \dots\dots (41)$$

となる。

【0 0 6 3】

また、最外周のピン 1 3 の支持位置において梁のたわみ曲線の傾斜角が最大となり、この最大傾斜角を α とすると、

【数 2 4】

$$\alpha = \frac{w \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad \dots\dots (42)$$

となる。さらに、式 (1) および (2) で変形すると、

【0 0 6 4】

【数 2 5】

$$\alpha = \frac{P \cdot L^3}{4 \cdot E \cdot h^3} \quad \dots\dots (43)$$

となる。よって、最大位置ずれ量 u は、式 (8) から、

【数 2 6】

$$u = \frac{P \cdot L^3}{8 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \quad \dots\dots (44)$$

となる。

【0 0 6 5】

したがって、実際にフラットなウェハを吸着した時のウェハ平面度を V_2 、ウェハディストーションを U_2 、ウェハ中心部と同様にピン配列による補正係数を c_1 、 c_2 とすると、

【数 2 7】

$$V_2 = v \cdot c_1 = \frac{P \cdot L^4}{15.38 \cdot E \cdot h^3} \cdot c_1 \quad \dots\dots (45)$$

【数 2 8】

$$U_2 = u \cdot c_2 = \frac{P \cdot L^3}{8 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \cdot c_2 \quad \dots\dots (46)$$

となる。

【0 0 6 6】

このように、ウェハ外周部においても、実際にフラットなウェハを吸着した時のウェハ平面度 V_2 、ウェハディストーション U_2 は、式 (45)、(46) で表されるので、チャックとして許容されるウェハ平面度許容値を d_z 、ウェハディストーション許容値を $d_x d_y$ とすれば、

【数 2 9】

$$dz \geq \frac{P \cdot L^4}{15.38 \cdot E \cdot h^3} \cdot c1 \quad \dots\dots (47)$$

【数 3 0】

$$dx dy \geq \frac{P \cdot L^3}{8 \cdot E \cdot h^2} \cdot k \cdot c2 \quad \dots\dots (48)$$

になればよい。さらに、式 (47)、(48) を変形すると、

【数 3 1】

$$P \leq \frac{15.38 \cdot E \cdot h^3 \cdot dz}{c1} \cdot \frac{1}{L^4} \quad \dots\dots (49)$$

【数 3 2】

$$P \leq \frac{8 \cdot E \cdot h^2 \cdot dx dy}{k \cdot c2} \cdot \frac{1}{L^3} \quad \dots\dots (50)$$

となり、この条件式 (49)、(50) をともに満足する真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすれば、ウェハ平面度とウェハディストーションを許容値 dz、dx dy 以下に収めることができる。

【0 0 6 7】

また、この 2 つの条件は、ピンピッチ L がある値以下であれば、条件式 (50) さえ満足すれば、条件式 (49) も満足する。その L の値は、条件式 (49) の右辺より条件式 (50) の右辺が小さいという条件で求められ、

【数 3 3】

$$L \leq \frac{1.92 \cdot k \cdot c2}{c1} \cdot \frac{h \cdot dz}{dx dy} \quad \dots\dots (51)$$

となる。すなわち、ピンピッチ L が式 (51) を満足する範囲においては、条件

式 (50) を満足する真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすればよいことになる。

【0068】

そこで、前述したウェハ中心部と同様に、代表的な $\phi 200 \text{ mm Si}$ ウェハを格子配列のピンチャックを用いて吸着保持する場合を考えると、縦弾性係数 $E = 1.69 \times 10^{11} \text{ N/m}$ 、厚さ $h = 0.725 \text{ mm}$ であり、中立面補正係数 $k = 1$ 、補正係数 $c_1 = 4$ 、 $c_2 = 2.8$ とし、 $0.25 \mu\text{m}$ ルールの半導体プロセスとして、ウェハ平面度許容値 $d_z = 80 \text{ nm}$ 、ウェハディストーション許容値 $d_x d_y = 5 \text{ nm}$ とすると、 P の単位を N/m^2 、 L の単位を m として、式 (50) は、

$$P \leq 0.00127 / L^3 \quad \dots\dots (52)$$

となる。

【0069】

図 16 は、ウェハ外周部において、具体的に取り得る真空圧 P とピンピッチ L の範囲を表わすための図表であり、横軸はピンピッチ L 、縦軸は真空圧 P を示す。この図 16 において、条件式 (52) を満足する真空圧 P とピンピッチ L の範囲は、実線 62 から左下側の領域となる。

【0070】

なお、厚さ $h = 0.625 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00094 / L^3 \quad \dots\dots (53)$$

となり、図 16 においては、実線 63 から左下側の領域となる。

【0071】

同様に、厚さ $h = 0.825 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00164 / L^3 \quad \dots\dots (54)$$

となり、図 16 においては、実線 61 から左下側の領域となる。

【0072】

また、ウェハディストーションの許容値 $d_x d_y = 2.5 \text{ nm}$ 、厚さ $h = 0.825 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00082 / L^3 \quad \dots\dots (55)$$

となり、図 1 6 においては、破線 6 4 から左下側の領域となる。

【0 0 7 3】

同様に、 $d \times d y = 2.5 \text{ nm}$ 、 $h = 0.725 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00063 / L^3 \quad \dots\dots (56)$$

となり、図 1 6 においては、破線 6 5 から左下側の領域となる。

【0 0 7 4】

同様に、 $d \times d y = 2.5 \text{ nm}$ 、 $h = 0.625 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00047 / L^3 \quad \dots\dots (57)$$

となり、図 1 6 においては、破線 6 6 から左下側の領域となる。

【0 0 7 5】

また、 $d \times d y = 1 \text{ nm}$ 、 $h = 0.825 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00033 / L^3 \quad \dots\dots (58)$$

となり、図 1 6 においては、二点鎖線 6 7 から左下側の領域となる。

【0 0 7 6】

同様に、 $d \times d y = 1 \text{ nm}$ 、 $h = 0.725 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00025 / L^3 \quad \dots\dots (59)$$

となり、図 1 6 においては、二点鎖線 6 8 から左下側の領域となる。

【0 0 7 7】

同様に、 $d \times d y = 1 \text{ nm}$ 、 $h = 0.625 \text{ mm}$ の場合で求めると、

$$P \leq 0.00019 / L^3 \quad \dots\dots (60)$$

となり、図 1 6 においては、二点鎖線 6 9 から左下側の領域となる。

【0 0 7 8】

以上のように、ウェハ外周部において、具体的に取り得る真空圧 P とピンピッチ L の範囲を、いくつかのウェハ厚さ h とウェハディストーションの許容値 $d \times d y$ の条件で、条件式 (50) から求めた。ところで、これら全てにおいて、式 (51) から求まるピンピッチ L の範囲が、前述した通常のピンピッチ 5 mm 以下を満足しているので、条件式 (49) も満足している。それは、式 (51) の右辺が最小になる場合、すなわち最小の $h = 0.625 \text{ mm}$ と最大の $d \times d y = 5 \text{ nm}$ の場合においてさえも、 $L \leq 0.013$ となり、前述した通常のピンピッ

チ 5 mm 以下を満足しているからである。したがって、ウェハ外周部においても、以上の範囲から選択した真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすることにより、所望のウェハ平面度の許容値 d_z 、ウェハディストーションの許容値 $d_x d_y$ を満足することができる。

【 0 0 7 9 】

因みに、このような通常のピンピッチにおいて条件式 (50) さえ満足すれば、条件式 (49) も満足するということは、ウェハ外周部においても、ウェハ中心部と同様に、ウェハ平面度よりもウェハディストーションを許容値以下にするほうが、厳しい条件になっているということを意味する。

【 0 0 8 0 】

ところで、チャックの真空圧 P の通常取り得る範囲は、ウェハ中心部と同様に、式 (31)、(32) となり、図 16 において実線 70 から上の領域と実線 71 から下の領域となる。

【 0 0 8 1 】

一方、チャックのピンピッチ L の通常取り得る範囲は、ウェハ中心部と同様に、式 (37)、(38) となり、図 16 において実線 72 から右側の領域と実線 73 から左側の領域となる。

【 0 0 8 2 】

以上から、ウェハ外周部における、具体的な真空圧 P とピンピッチ L の範囲は、式 (54)、(31)、(32)、(37)、(38) から、

$$P \leq 0.00164 / L^3$$

$$\text{かつ、 } 33 \leq P \leq 100000$$

$$\text{かつ、 } 0.0005 \leq L \leq 0.005 \quad \dots\dots (61)$$

となり、図 16 においては、実線 61、実線 71、実線 72、実線 70 および実線 73 で囲まれた範囲となる。

【 0 0 8 3 】

以上から、ウェハ中心部とウェハ外周部は、ウェハを支持する形態が異なることから、それぞれ上述の範囲から選択した真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすることにより、所望のウェハ平面度の許容値 d_z 、ウェハディストーションの

許容値 $d \times d_y$ をウェハ全面にわたって満足することができる。

【0084】

したがって、真空圧 P あるいはピンピッチ L は、上述の範囲内において、それぞれウェハ中心部とウェハ外周部で共通に設定してもよいし、独立に設定することもできる。なお、真空圧 P をそれぞれ独立して設定する場合には、最外周部の隔壁 12 以外に、最外周のピン 13 から 1 ピッチ内側に円周状に配列されているピン 14 をすべてつなげる連続した内側の隔壁を設けて、ウェハ中心部とウェハ外周部それぞれに吸引用の開口穴を設け、独立の真空圧を供給しうるように構成すればよい。また、内側の隔壁として、図 11 に図示するように、ピン 14 から僅かにずらしてリング状に内側の隔壁 34 を設けてもよく、それにより内側の隔壁 34 の段差加工を容易にできる。なお、内側の隔壁の高さはピン 14 も上面より $1 \sim 2 \mu m$ 程度低く設けることが望ましい。これは、ウェハがたわんでも接触しないし、その隙間以下の径のごみが付着しても、ごみがウェハに接触しないので、接触率が増えずにすむからである。

【0085】

また、内側の隔壁の高さをピン 14 の上面より適度に低く設定して、ウェハ中心部だけに真空圧を供給すると、ウェハ中心部よりウェハ外周部の真空圧を低くすることができるし、あるいは、ウェハ中心部に大気につながる開口穴を設け、ウェハ外周部だけに真空圧を供給すると、ウェハ外周部の真空圧をウェハ中心部より高くすることができ、この場合には真空供給系統を一つですませることが可能となる。

【0086】

なお、最外周部の隔壁 12 は、図 9 や図 11 に図示するように、ピン 13 から僅かに内側にずらして設けたが、ピン 13 の外側に設けてもよく、あるいは、ピン 13 をすべてつなげる連続した隔壁を設け、チャック外周部を囲うように設けてもよい。また、接触率は高くなるが、ピン 13 を代えてピン 13 の上面と同じ高さの最外周部の隔壁を設けてもよい。

【0087】

以上のように、真空圧 P をウェハ中心部とウェハ外周部で独立に設定できるよ

うにすると、例えば、ウェハ中心部の真空圧は、XYステージが最大加速度で移動してもウェハを保持できる条件で設定し、ウェハ外周部の真空圧は、ウェハ全体にわたる大きな反りがあるウェハでも吸着できる条件で設定することができる。より具体的には、ウェハ外周部の真空圧をウェハ中心部より高くし、ピンピッチを狭くすることにより、ウェハの反りの有無にかかわらずウェハ外周部でのウェハの吸着が確実になり、外周部での平面矯正およびウェハディストーション矯正が良好に行なうことができ、ウェハ中心部は真空圧をウェハ保持のための最低限に抑えることによりピンピッチを大きくでき、接触率を下げる事が可能となる。

【 0 0 8 8 】

また、例えば、ウェハ中心部と外周部のピンピッチは同じでも、ウェハ中心部より外周部の真空圧を適度に低くすることにより、ウェハ中心部と外周部のウェハディストーションを同量にできるので、外周部の接触率を上げずに済むことができる。

【 0 0 8 9 】

また、例えば、ウェハ中心部より外周部の真空圧を適度に低くし、ピンピッチを適度に狭くすることにより、ウェハ中心部と外周部のウェハディストーションを同量にできるだけでなく、それらの分布形状がほぼ一致する領域をより広げることができる。それを、図 1 7 で説明する。図 1 7 の (a) は、ピンピッチ間のウェハのたわみ曲線を表しており、縦軸はたわみ量 v である。(b) は、ピンピッチ間のウェハディストーションの分布形状を表しており、縦軸はウェハディストーション u である。(a)、(b) 共に、横軸はピンピッチ間のウェハ位置 x で、右方向がウェハ外周側である。図 1 7 の (a) において、8 0 はウェハ中心部でのたわみ曲線であり、8 1 はウェハ中心部より真空圧を適度に低くしピンピッチを適度に狭くした場合のウェハ外周部でのたわみ曲線である。なお、8 2 は従来例で、真空圧は同じままでウェハ中心部よりピンピッチを適度に狭くした場合のウェハ外周部でのたわみ曲線である。また、(b) において、8 3 はたわみ曲線 8 0 の場合の、8 4 はたわみ曲線 8 1 の場合の、8 5 はたわみ曲線 8 2 の場合のウェハディストーションの分布形状である。

【0090】

これらから、ウェハディストーションの分布形状は、従来例の 8 2 と 8 5 では x の範囲 a の狭い領域でしかほぼ一致しないのに対し、本実施例の 8 3 と 8 4 では、範囲 a の 2 倍近い範囲 b でほぼ一致するので、一致する領域をより広くできることがわかる。なお、範囲 b より外周側には一致できない領域が残るが、ウェハの最外周には少なくとも 1 mm 程度の半導体デバイスを設けないインバリッドエリアがあるので、ピンピッチが 2 mm 程度以下である場合には問題にならない。このように、ウェハ中心部と外周部で発生するウェハディストーションの分布形状をほぼ同じにすることができると、例えば、ピン配置が露光されるショット毎に一致しているチャックを用いることにより、どのショットにおいてもウェハディストーションの分布形状をほぼ同じにすることができる。すると、結像レンズやレチクルを駆動させたりたわませたりすることにより、あるいはレチクルパターンの位置を予め補正しておくことにより、露光される像をウェハディストーションの分布形状に合わせて補正することができ、ウェハ外周部を含む広い範囲にわたりオーバーレイ精度のさらなる高精度化が図れることになる。

【0091】

なお、ウェハ中心部と外周部の真空圧は、大気圧変動等の影響を受けず所望の設定値で一定になるよう、例えば精密レギュレーターにより一定の真空圧を供給したり、それぞれの真空圧を検知してそれぞれ一定値に制御することが一般に望ましいが、特にこの場合は、ウェハディストーションの分布形状の再現性を良くできるのでより望ましい。

【0092】

なお、図 1 7 は、材料力学上のモデルによる以下の数式に基づいたものである。まず、ウェハ中心部出のたわみ曲線 8 0 は、

【数 3 4】

$$v = \frac{P \cdot L^4}{2 \cdot E \cdot h^3} \left[\frac{x^2}{L^2} - \frac{2x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4} \right] \dots\dots (62)$$

で表せられ、ウェハ外周部でのたわみ曲線 8 1、8 2 は、

【数 3 5】

$$v = \frac{Q \cdot R^4}{4 \cdot E \cdot h^3} \left[-\frac{R-x}{R} + \frac{3 \cdot (R-x)^3}{R^3} - \frac{2 \cdot (R-x)^4}{R^4} \right] \dots\dots (63)$$

で表せられる。ここで、8 1 の場合は、 $Q=0$ 、 $85 \cdot P$ 、 $R=0$ 、 $87 \cdot L$ とし、8 2 の場合は、 $Q=P$ 、 $R=0$ 、 $83 \cdot L$ とした。

【0093】

また、たわみ曲線 8 0 の場合のウェハディストーションの分布形状 8 3 は、

【数 3 6】

$$u = \frac{P \cdot L^3}{2 \cdot E \cdot h^2} \left[\frac{x}{L} - \frac{3 \cdot x^2}{L^2} + \frac{2 \cdot x^3}{L^3} \right] \dots\dots (64)$$

で表せられ、たわみ曲線 8 1、8 2 の場合のウェハディストーションの分布形状 8 4、8 5 は、

【数 3 7】

$$u = \frac{Q \cdot R^3}{8 \cdot E \cdot h^2} \left[-1 + \frac{9 \cdot (R-x)^2}{R^2} - \frac{8 \cdot (R-x)^3}{R^3} \right] \dots\dots (65)$$

で表せられる。ここで、8 4 の場合は、 $Q=0$ 、 $85 \cdot P$ 、 $R=0$ 、 $87 \cdot L$ とし、8 5 の場合は、 $Q=P$ 、 $R=0$ 、 $83 \cdot L$ とした。

【0094】

また、例えば、ウェハ製造時の研磨工程の影響で、あるいは、半導体製造時の多様なプロセスの影響で、ウェハのローカルな反りの周期が、ウェハ中心部と外周部で違っていて、ウェハ中心部より外周部の方が周期が長い場合、周期に合わせてウェハ中心部よりウェハ外周部のピンピッチを広くし、真空圧はウェハディストーションが発生しない条件でそれぞれ適切に設定することにより、ごみが比較的付きやすいウェハ外周部の接触率を下げる事が可能である。

【0095】

ところで、ウェハを載置する支持面を構成する複数のピン状凸部の先端面は超平面であると説明したが、実際の加工精度によっては、各ピン毎にわずかな傾きが発生する場合がある。このため、ウェハを支持するピンのピッチは必ずしも前述したピンピッチ L にはならない場合が生じる。ウェハ中心部においては、例えば最悪の場合、図12に示すように、ピン10の先端面35と36が反対方向に傾くと、ウェハと接する点のピッチは、ピンピッチ L よりピン径分大きい Lx となる。したがって、この場合のウェハ平面度とウェハディストーションは、式(10)、(11)の $V1$ 、 $U1$ より大きくなる。一方、ウェハ外周部においては、例えば最悪の場合、図13に示すように、ピン13と14のそれぞれの先端面37、38が内側に下がる方向に傾くと、ピンピッチ L よりもピン径分の1.5倍分大きい Ly となる。したがって、この場合のウェハ平面度とウェハディストーションは、式(45)、(46)の $V2$ 、 $U2$ より大きくなる。そこで、ウェハディストーションを全面で許容値内にするには、前述のように求まるピンピッチ L からピン径あるいはピン径の1.5倍分を差し引いたものを実際のピンピッチとすればよい。ただし、こうするとピンとウェハの接触率はその分大きくなるので、その点では好ましくない。よって、影響を受けない程度の傾きのない平面に加工することが有効であり、あるいはピン径をできるだけ小さくすることが有効である。また、図14に示すように、ピン先端面39を球面状にするのも有効である。そうすれば、ピン径をほとんど0にしたのと等価になり、接触率を極端に小さくでき望ましい。なお、加工が困難ではあるが、傾きのない凹面状にしてもよい。

【0096】

ところで、図9に図示するウェハの外周部において、最外周のピン13から外側へ張り出しているウェハは、外周部のピン13と14の間の変形に起因して跳ね上がるが、この部分のウェハ平面度とウェハディストーションについて説明する。外周部での傾斜角は、ピン13の支持位置で最大となり、この最大傾斜角 α は、式(43)となることを示したが、ピン13の支持位置から外側においては、この最大傾斜角 α のまま一定となる。したがって、最大傾斜角で決まるウェハ

ディストーションも一定で増えないので、ウェハディストーションに関しては問題がない。しかし、ウェハの張り出し量が増えると、この最大傾斜角 α のまま跳ね上がっていくから、その跳ね上がりの量は、ウェハ平面度の許容値 $d z$ より小さくする必要がある。したがって、ウェハの張り出し量を J とすると、

$$d z \geq J \cdot \alpha \quad \dots\dots (66)$$

となり、式 (43) と、ピン配列による補正係数 $c 2$ を考慮すると、

【数 3 8】

$$J \leq \frac{4 \cdot E \cdot h^3}{P \cdot L^3 \cdot c 2} \cdot d z \quad \dots\dots (67)$$

となる。この式 (67) の右辺が最小になるのは、先ず、 $P \cdot L^3$ が最大の場合であるが、式 (50) から、

【数 3 9】

$$P \cdot L^3 \leq \frac{8 \cdot E \cdot h^2 \cdot d x d y}{k \cdot c 2} \quad \dots\dots (68)$$

であるから、式 (67) は、

【数 4 0】

$$J \leq \frac{k \cdot h \cdot d z}{2 \cdot d x d y} \quad \dots\dots (69)$$

となる。さらに、この式 (69) の右辺が最小になるのは、中立面補正係数 $k = 1$ 、最小の厚さ $h = 0.625 \text{ mm}$ 、ウェハ平面度許容値 $d z = 80 \text{ nm}$ 、最大のウェハディストーション許容値 $d x d y = 5 \text{ nm}$ の場合で、そうすると、 $J \leq 0.005$ となる。つまり、ピンピッチ間の変形に起因するウェハ平面度の許容値 $d z$ を満足するには、ウェハの張り出し量 J を 5 mm 以下にすればよい。よって、最外周のピン 13 の径やウェハの外形公差やチャックに置かれる時の位置精度、あるいはピン 13 から外側に設けた場合の隔壁 12 の幅を考慮しても問題な

い。したがって、外周部に おけるウェハの反りを平面に矯正することの方が厳しい条件であって、その点から、チャックの最外周にあるピン 1 3 をウェハの外周にできるだけ近づけて設けることが望ましい。

【0 0 9 7】

なお、以上の説明においては、チャックのピンピッチを L として、ウェハ中心部と外周部それぞれにおいて、前述した範囲の真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすればよいとしたが、ピンピッチは、ウェハ中心部と外周部それぞれにおいて独立に設けてよいのはもちろん、ウェハ中心部の中においてもあるいはウェハ外周部の中においても、均一のピッチである必要はなく、前述した範囲のピンピッチであれば、不均一のピッチであってもよい。

【0 0 9 8】

また、チャックに吸着される基板は、 Si ウェハとして説明したが、それに限定されるものではなく、例えば、ガリ砒素ウェハ、複合接着ウェハ、ガラス基板、液晶パネル基板、レクチルなどの各種基板でもよい。また、外形形状も円形だけでなく方形などでもよく、その場合、チャックの外形も基板外形に合わせた形状にすればよい。

【0 0 9 9】

さらに、上述したチャックは、真空吸着方式のものとして説明したが、それに限定されるものではなく、例えば、静電チャック方式のものでもよいし、真空吸着方式と静電チャック方式など他の方式を併用するものでもよい。それらの場合、本実施例の真空圧 P は、他の方式の吸着力、あるいはそれに真空圧を足したものに置き換えればよい。

【0 1 0 0】

また、チャックは、いわゆるピンチャックを用いて説明したが、その他の形状でもよい。例えば、吸着溝である同心円状の環状凹部とウェハ支持面となる同心円状の環状凸部が交互に構成された、いわゆるリング状チャックでもよい。その場合、環状凸部の放射方向のピッチをピンピッチ L とみなし、ウェハ中心部と外周部それぞれにおいて、本実施例で示した真空圧 P とピンピッチ L のチャックにすれば、同様の効果が得られる。

【0 1 0 1】

次に、上述した基板吸着保持装置を用いることができる露光装置について図 1 8 を用いて説明する。

【0 1 0 2】

図 1 8 は、縮小投影露光装置の構成を概略的に図示する構成図であり、同図において、シリコンウェハ等の基板 2 に転写するパターンが形成されている原版としてのレチクル 1 0 2 は、レチクルチャックを介してレチクルステージ 1 0 1 上に載置され、照明光学系 1 0 3 を通して導かれる露光光に照射される。レチクル 1 0 2 を透過した露光光は、投影光学系 1 0 5 によって $1/5$ に縮小され、被加工物である基板 2 上に照射される。基板 2 を保持する基板保持装置としての前述したチャック 1 は、水平面で移動可能な X Y ステージ 1 0 6 上に搭載されている。被露光基板 2 上には、予め露光光によって化学反応を効果的に起こす感光材であるレジスト材料が薄く塗布されており、次工程のエッチングマスクとして機能する。なお、1 0 7、1 0 8 はそれぞれオフアクシススコープ、面位置計測手段である。

【0 1 0 3】

露光シーケンスは、次のとおりである。被露光基板 2 が露光装置に自動的にあるいは作業者の手によってセッティングされた状態から、露光開始指令により露光装置の動作が開始される。まず、1 枚目の基板 2 が搬送システムによって X Y ステージ 1 0 6 上に搭載されたチャック 1 上に送り込まれ吸着保持される。続いて、装置に搭載されたオフアクシススコープ 1 0 7 によって基板 2 上に記されたアライメントマークを複数個検出して基板の倍率、回転、X Y ずれ量を確定し、位置補正を行なう。X Y ステージ 1 0 6 は、搭載した基板 2 の第 1 ショット位置が露光装置の露光位置に合うように基板 2 を移動する。面位置計測手段 1 0 8 により合焦後、約 0. 2 秒程度の露光を行ない、その後、基板上の第 2 ショット位置に基板をステップ移動して順次露光を繰り返す。最終ショットまで同様のシーケンスを繰り返して 1 枚の基板の露光処理は完了する。チャック 1 上から回収搬送ハンドに受け渡された基板は基板キャリアに戻される。

【0 1 0 4】

なお、本発明の基板吸着保持装置（チャック）は、露光装置における使用に限定されるものではなく、例えば、液晶基板製造装置、磁気ヘッド製造装置、半導体検査装置、液晶基板検査装置、磁気ヘッド検査装置、およびマイクロマシンの製造等においても用いることができることはいうまでもない。

【0105】

次に、上述した本発明の露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0106】

図19は、微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウェハ製造）ではシリコンやガラス等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウェハを用いて、リソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0107】

図20は、上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウェハにレジストを塗布する。ステップ16（露光）では上述した投影露光装置によってマスクの回路パターンをウェハの複数のショット領域に並べて焼き付け露光する。ステップ17（現像）では露光したウェ

ハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0 1 0 8】

このようなデバイスの製造方法を用いれば、従来は製造が困難であった高集積度のデバイスを安定的に低コストで製造することができる。

【0 1 0 9】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ウェハ等の基板が保持されるときのパッチ間のたわみに起因して発生するウェハ平面度の悪化とウェハディストーションを大幅に減ずることができる。これにより、より微細な素子製造の工程にあっても素子欠陥をなくし歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の基板吸着保持装置の一実施例を示し、（a）はその平面図、（b）は部分断面図である。

【図 2】

本発明の基板吸着保持装置の他の実施例を示す平面図である。

【図 3】

本発明の基板吸着保持装置において、基板を吸着保持した状態におけるチャック中心部と基板の状態を示す断面図である。

【図 4】

チャック中心部における基板のたわみの状態に相当する等分布荷重を受ける両端固定梁のモデル図である。

【図 5】

図 4 に図示する両端固定梁における曲げモーメントとたわみ曲線を示す図である。

【図 6】

基板のディストーションを説明するための図である。

【図 7】

格子配列のピン配置を説明するための図である。

【図 8】

60度千鳥格子配列のピン配置を説明するための図である。

【図 9】

本発明の基板吸着保持装置において、基板を吸着保持した状態におけるチャック外周部と基板の状態を示す断面図である。

【図 10】

チャック外周部における基板のたわみの状態に相当する等分布荷重の片側固定・片側自由の梁のモデル図である。

【図 11】

本発明の基板吸着保持装置におけるチャック外周部の他の実施形態を示す断面図である。

【図 12】

チャック中心部における他の形態を説明するための断面図である。

【図 13】

チャック外周部における他の形態を説明するための断面図である。

【図 14】

本発明の基板吸着保持装置におけるピン状凸部の変形例を示す部分断面図である。

【図 15】

本発明の基板吸着保持装置において、基板中心部における真空圧とピンピッチの範囲を示す図表である。

【図 16】

本発明の基板吸着保持装置において、基板外周部における真空圧とピンピッチの範囲を示す図表である。

【図 17】

(a) はピンピッチ間のウェハのたわみ曲線を示す図であり、(b) はピンピ

ツチ間のウェハディストーションの分布形状を示す図である。

【図 1 8】

露光装置の構成を図示する概略図である。

【図 1 9】

半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

【図 2 0】

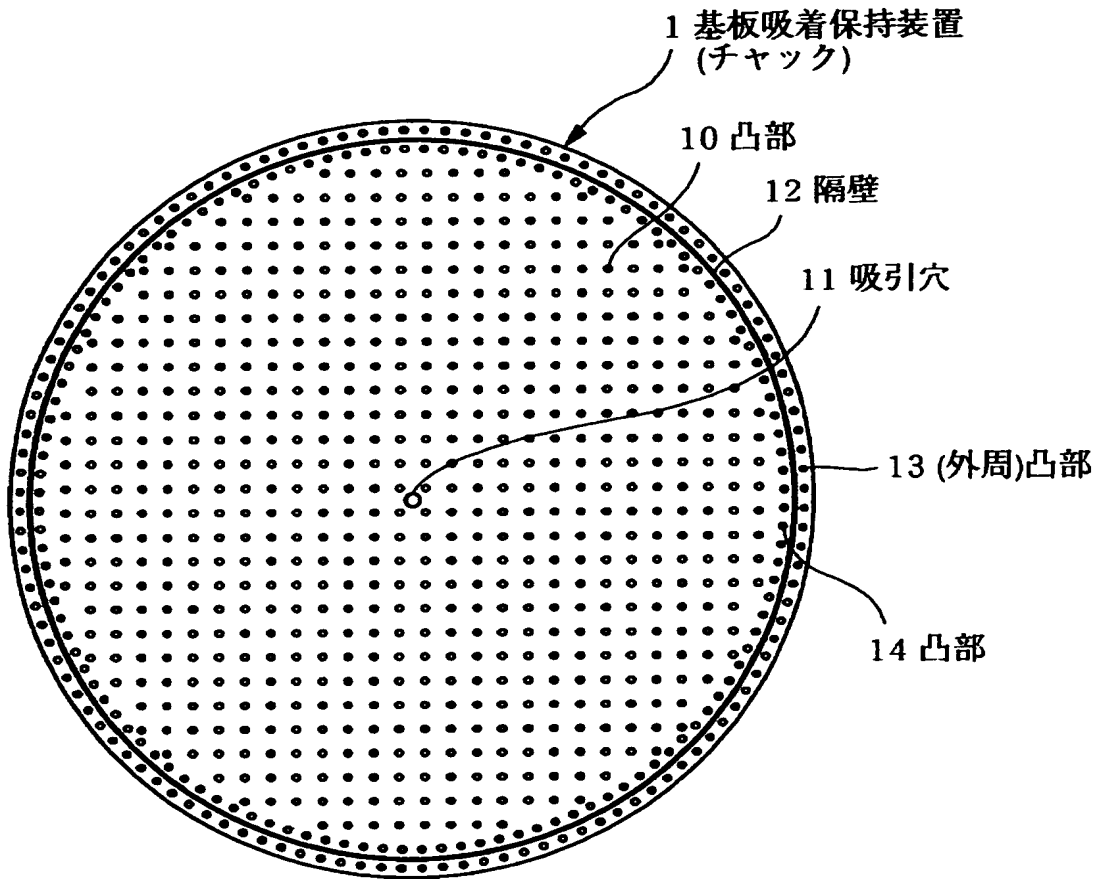
ウェハプロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

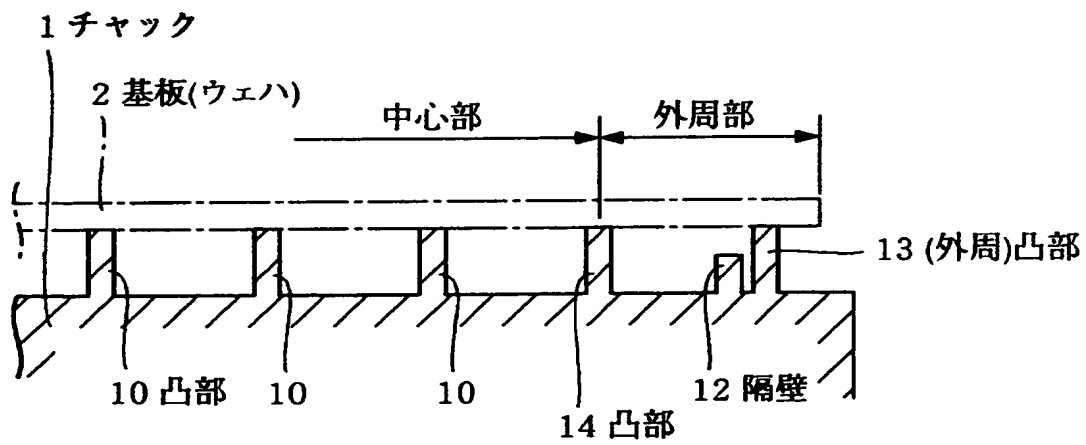
- 1 基板吸着保持装置（チャック）
- 2 基板（ウェハ）
- 1 0 ピン状の凸部（ピン）
- 1 1 吸引穴
- 1 2 隔壁
- 1 3 （外周）のピン状の凸部（ピン）
- 1 4 ピン状の凸部（ピン）
- 1 0 1 レチクルステージ
- 1 0 2 レチクル（原版）
- 1 0 3 照明光学系
- 1 0 5 投影光学系
- 1 0 6 X Y ステージ
- 1 0 7 オフアクシススコープ
- 1 0 8 面位置計測手段

【書類名】 図面

【図 1】

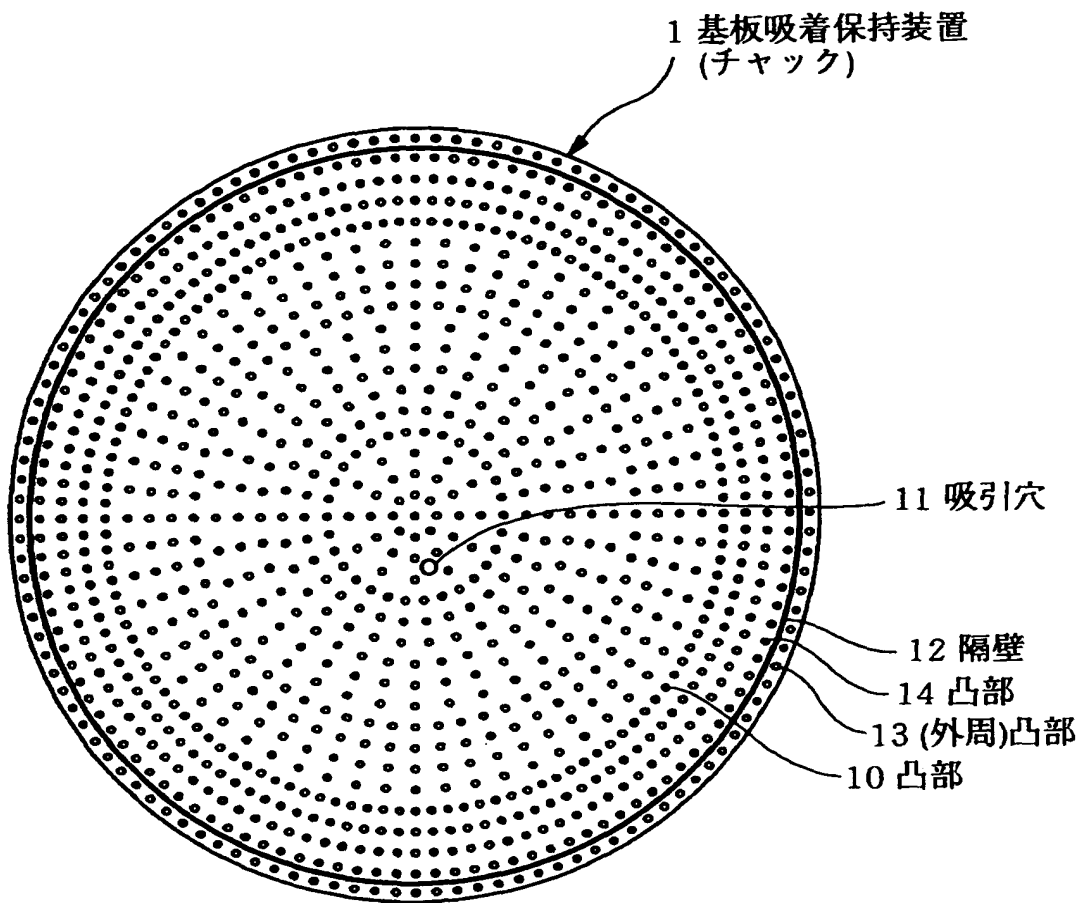


(a)

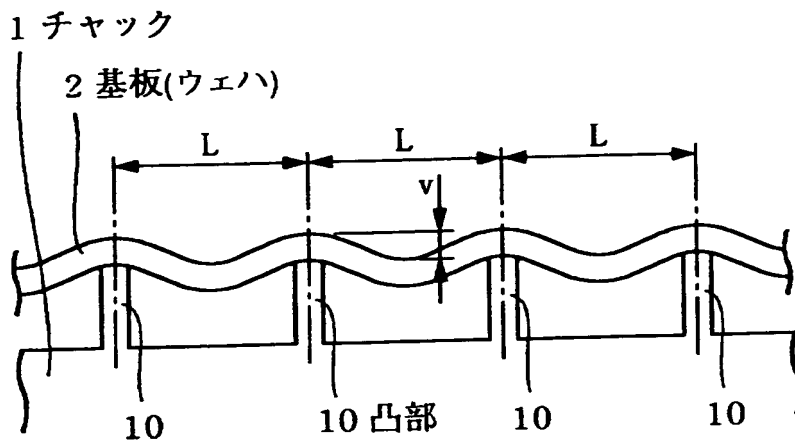


(b)

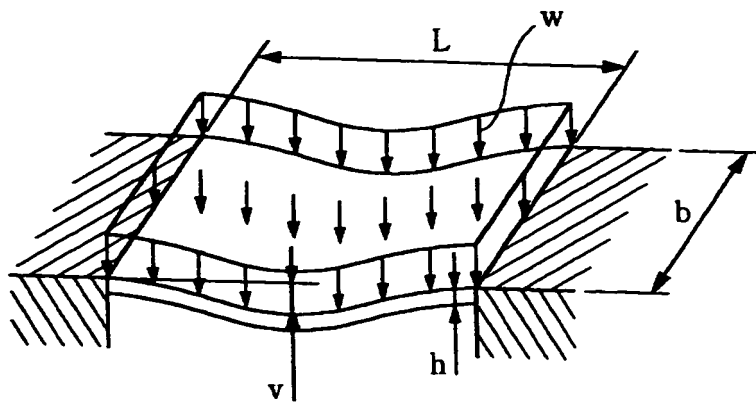
【図 2】



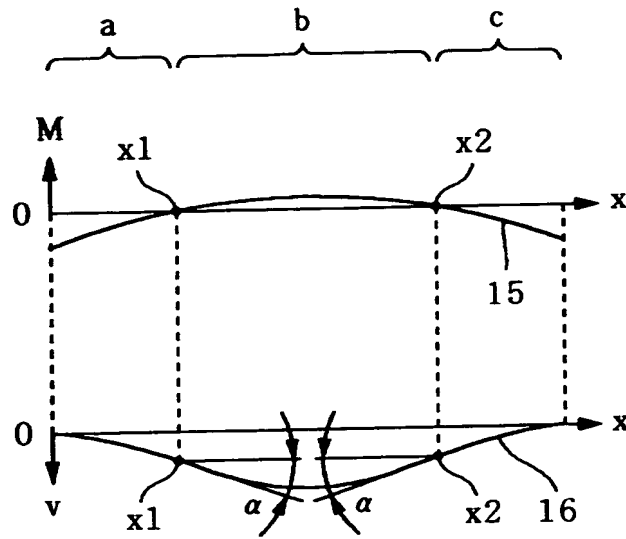
【図 3】



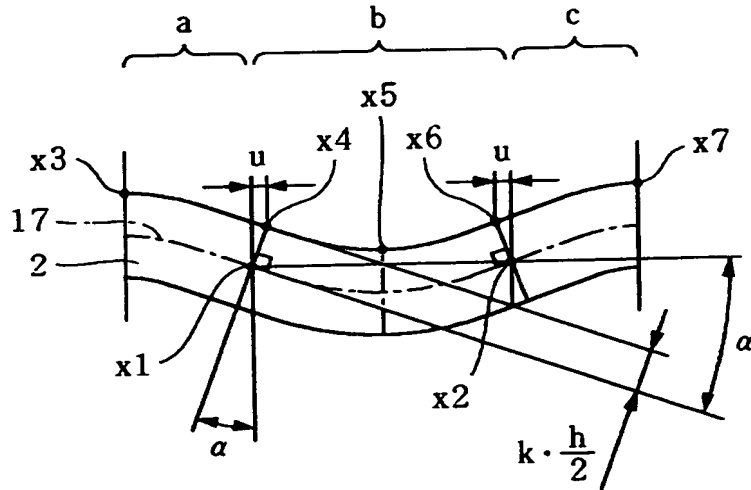
【図 4】



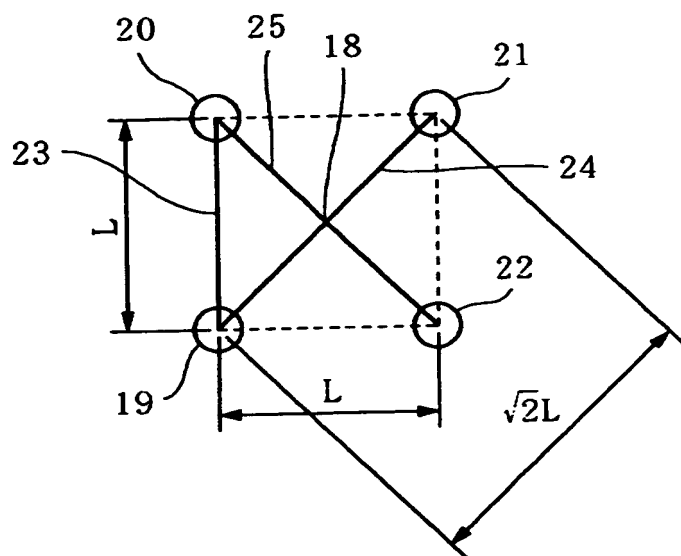
【図 5】



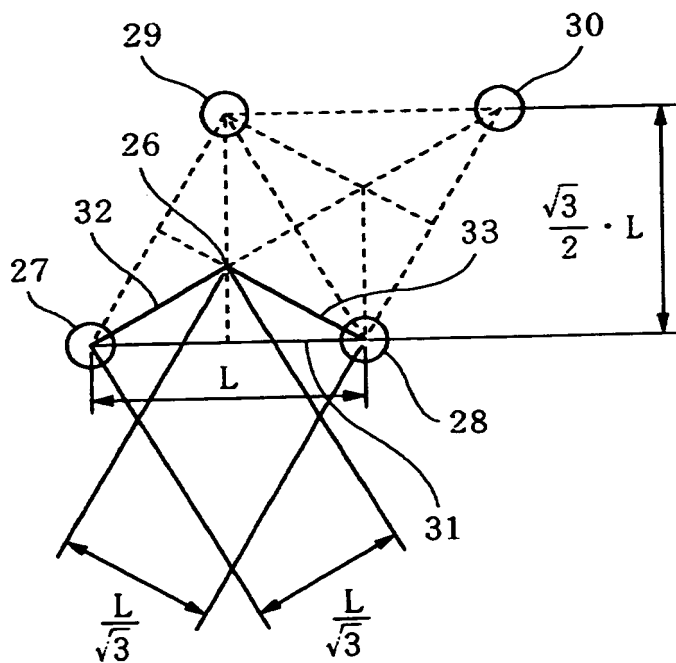
【図 6】



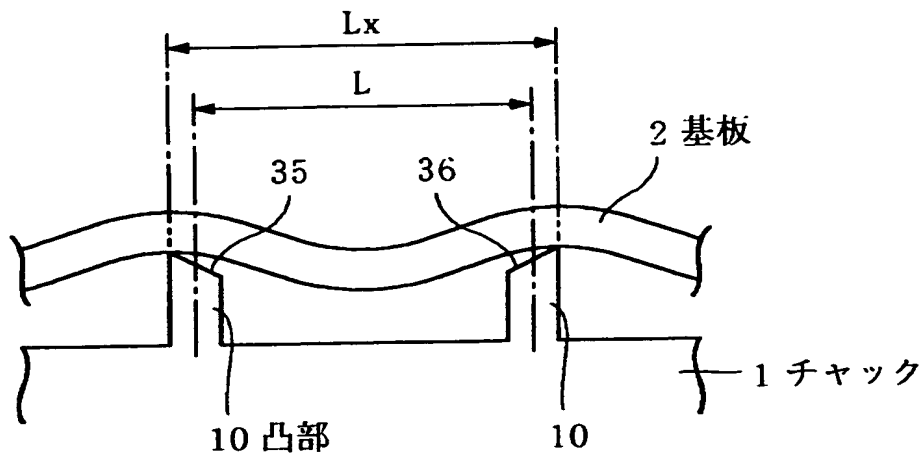
【図 7】



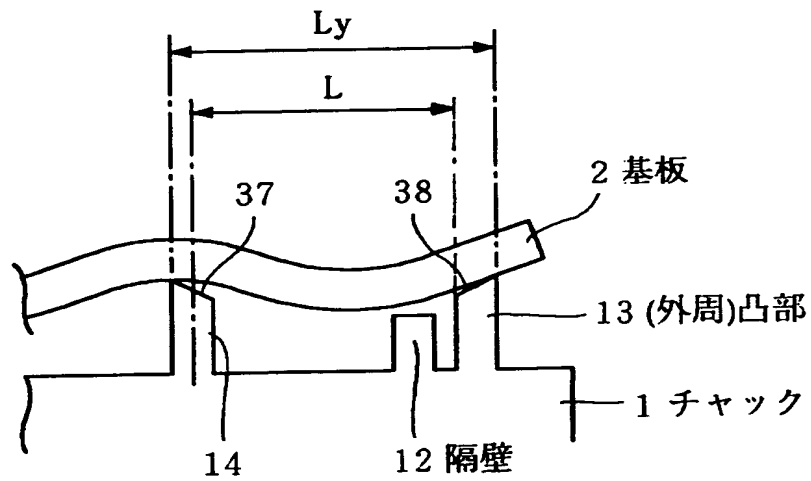
【図 8】



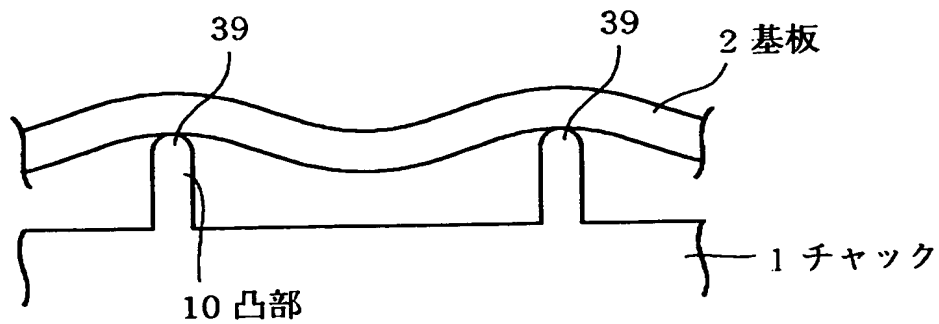
【図 1 2】



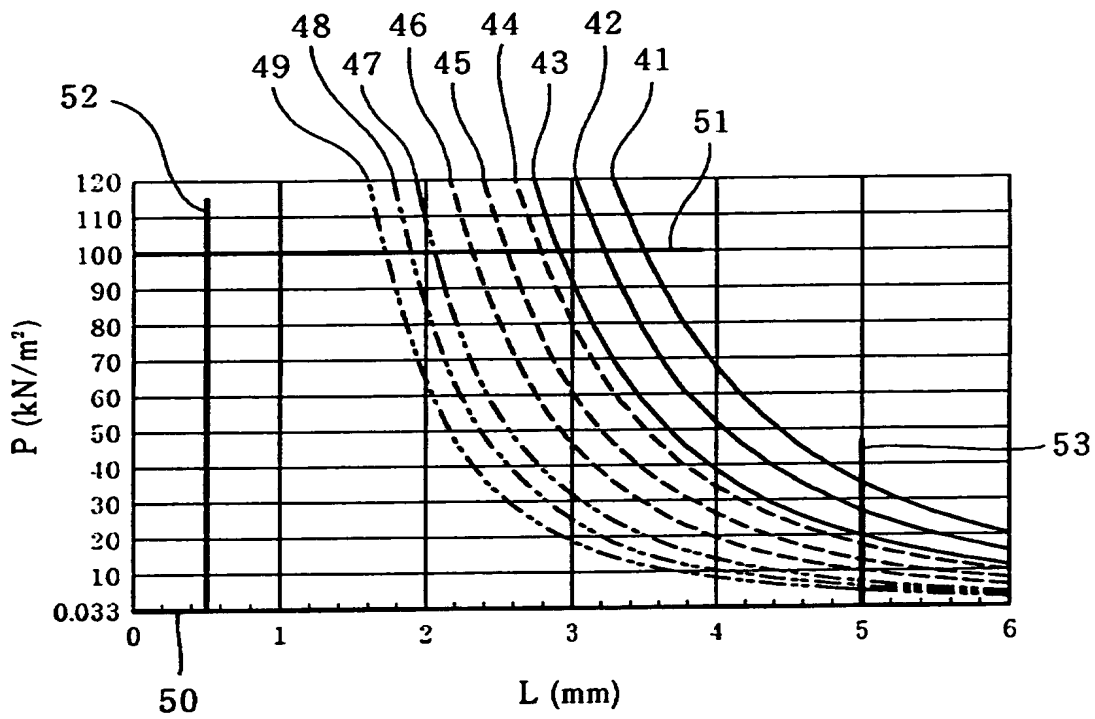
【図 1 3】



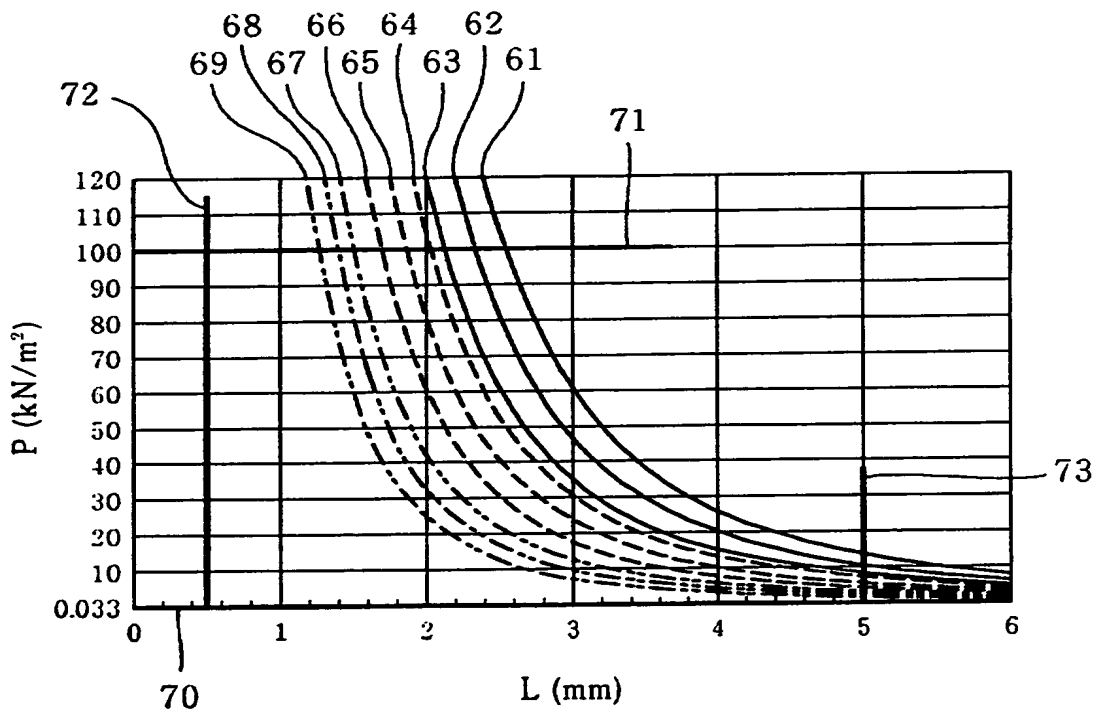
【図 1 4】



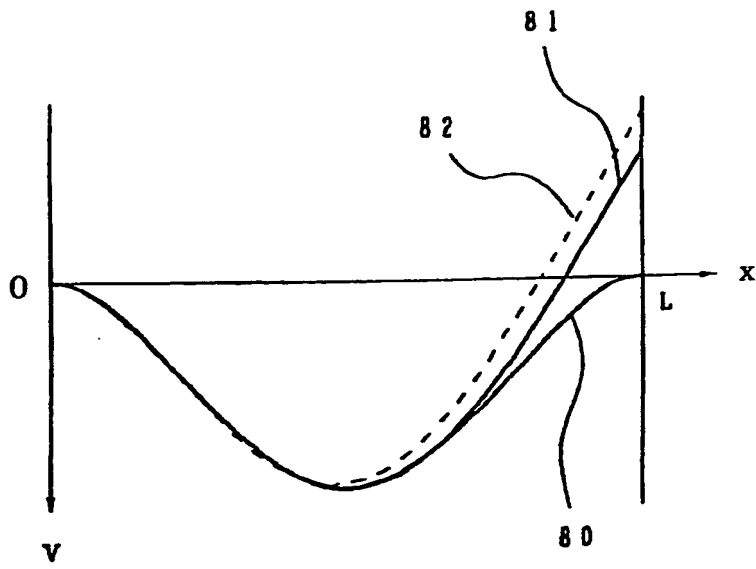
【図 1 5】



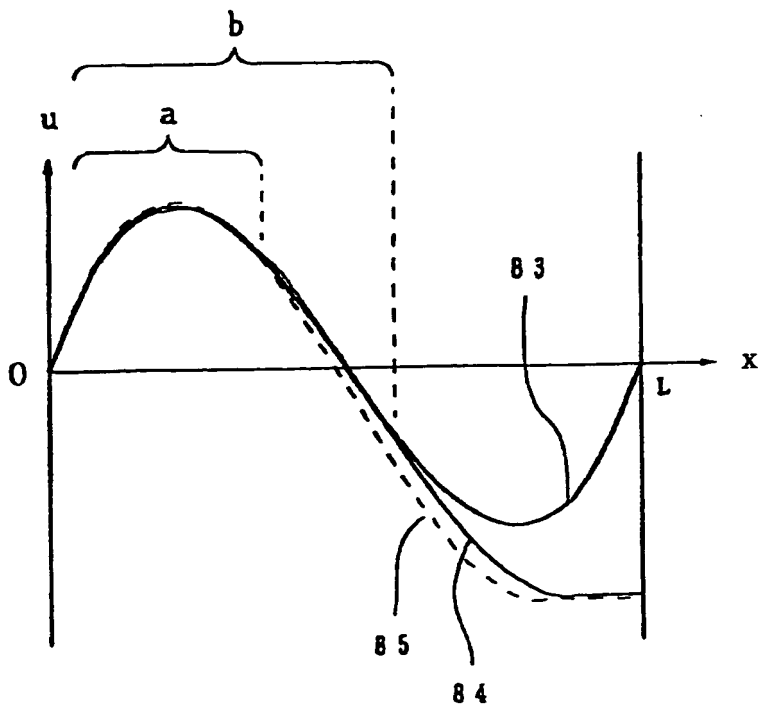
【図 1 6】



【図 1 7】

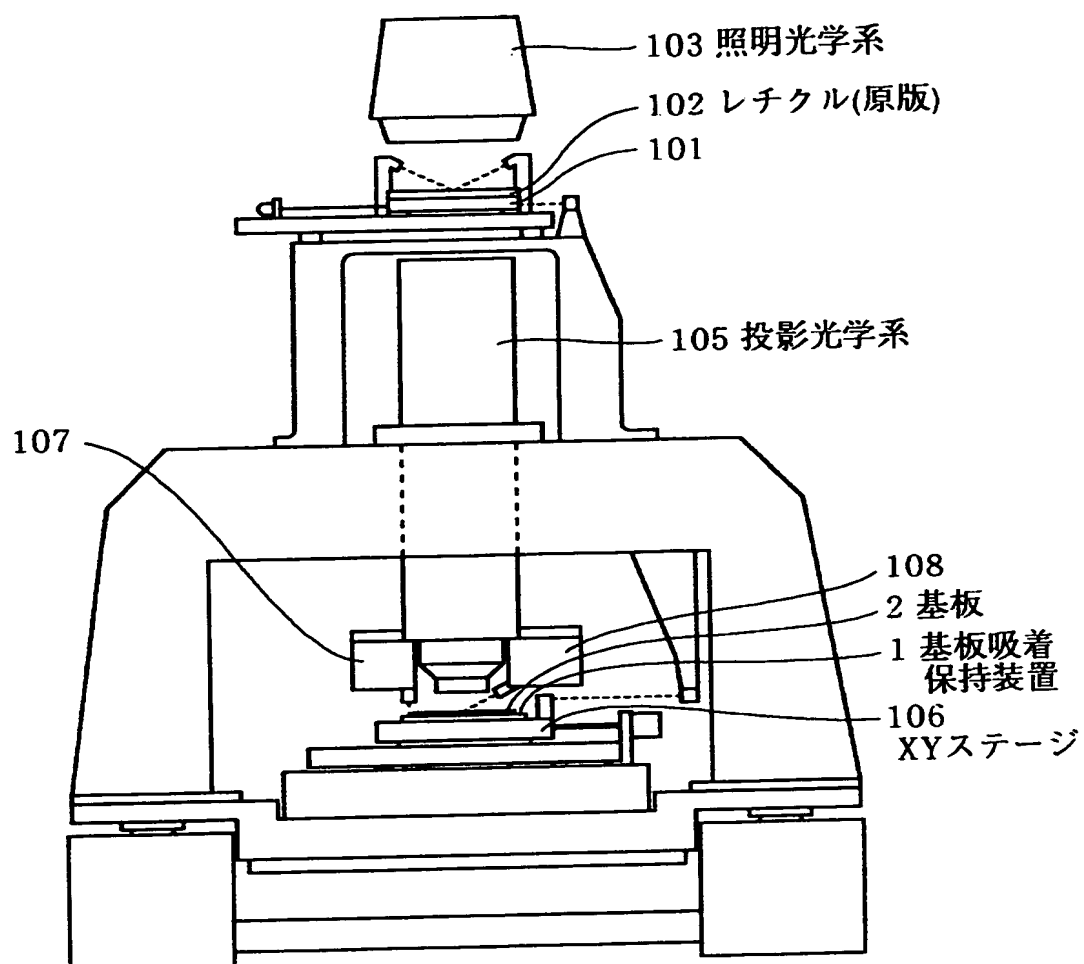


(a)

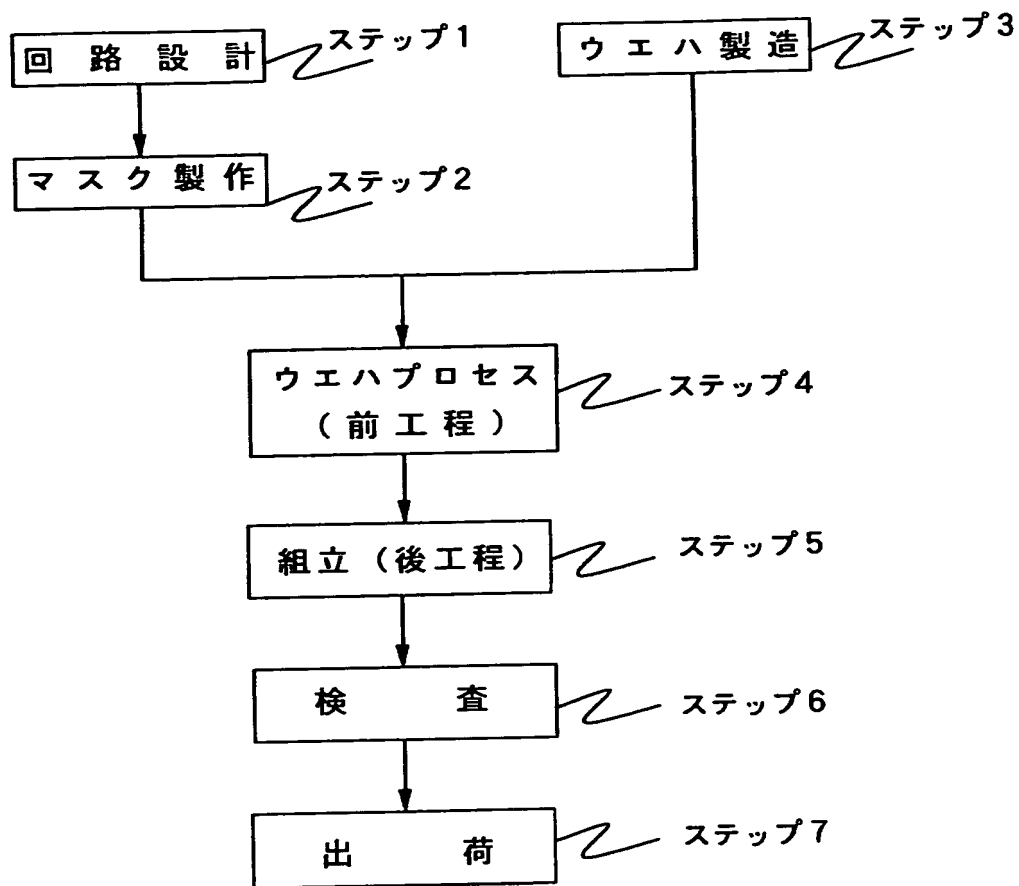


(b)

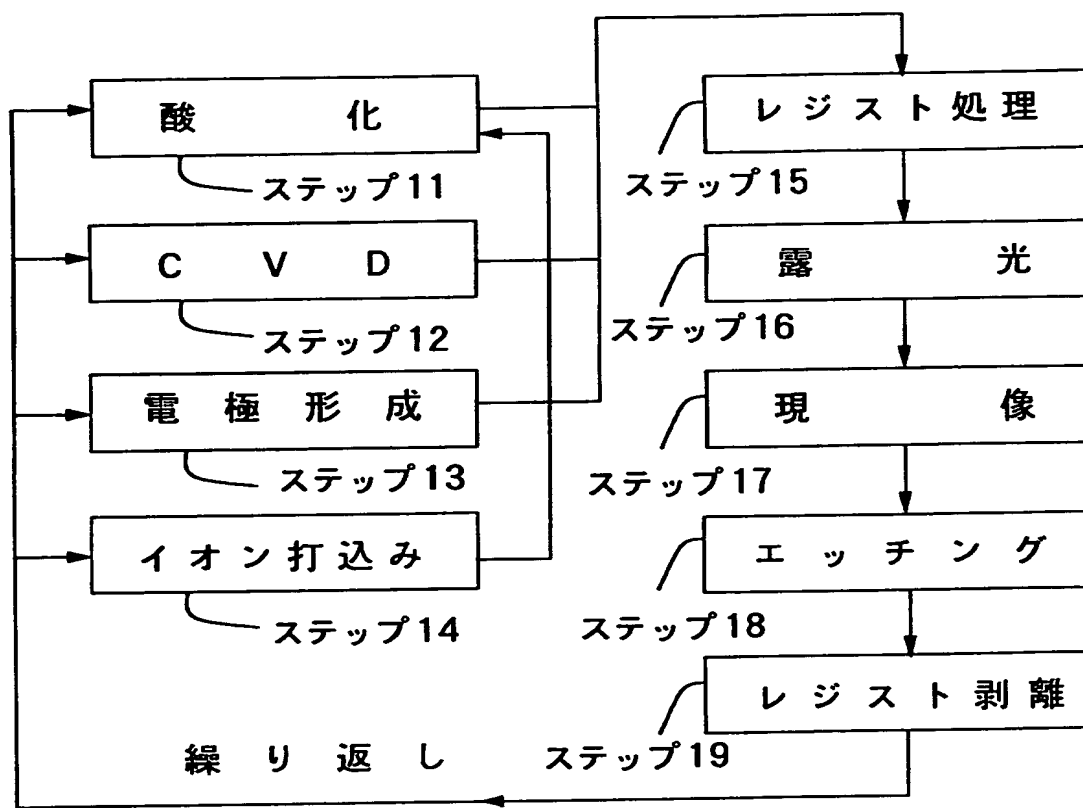
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の凸部を用いてウェハ等の基板を吸着保持する際に生じる基板表面の変形に起因する基板の平面度の悪化やディストーションを減少させて最適な状態で基板を吸着保持することができ、オーバーレイ精度の向上を図る。

【解決手段】 基板 2 の中心部を支持する中心凸部 1 0 の配列ピッチ L_a と中心凸部の基板の吸着力 P_a 、および基板 2 の外周部を支持する外周凸部 1 3 とその内側に隣接する中心凸部 1 4 との間の配列ピッチ L_b と外周凸部での基板の吸着力 P_b は、ディストーション許容値を $d \times d_y$ とし、基板の縦弾性係数を E 、基板厚さを h 、凸部配列による補正係数を c 、中立面補正係数を k としたとき、

$$P_a \cdot L_a^3 \leq 36 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d_y / 3^{1/2} \cdot k \cdot c$$

$$\text{および、} P_b \cdot L_b^3 \leq 8 \cdot E \cdot h^2 \cdot d \times d_y / k \cdot c$$

の関係式をそれぞれ満足するように設定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名 キヤノン株式会社